ÉVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DES COLLES ET DES CHAUSSURES DE LA RÉGION DE SFAX TUNISIE

Imed Gargouri

▶ **To cite this version:**

Imed Gargouri. ÉVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DES COLLES ET DES CHAUSSURES DE LA RÉGION DE SFAX TUNISIE. Sciences du Vivant [q-bio]. Université du Droit et de la Santé - Lille II, 2009. Français. NNT : . tel-00357479

HAL Id: tel-00357479

https://theses.hal.science/tel-00357479

Submitted on 30 Jan 2009

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.

UNIVERSITE LILLE 2 (FR)

ECOLE DOCTORALE
BIOLOGIE - SANTE DE LILLE

UNIVERSITE DE SFAX (TN)

ECOLE DOCTORALE
SCIENCES ET TECHNIQUES

Doctorat

« Recherche clinique, Innovation technologique, Santé publique »

Imed GARGOURI

ÉVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DES COLLES ET DES CHAUSSURES DE LA REGION DE SFAX –TUNISIE

Thèse dirigée par

Monsieur Daniel MARZIN
Professeur des Universités

EA 2690 : Toxiques et cancérogènes professionnels et environnementaux
Université Lille 2 Droit et Santé

Monsieur Boubaker ELLEUCH
Professeur des Universités

Laboratoire « Eau, Energie et Environnement »
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax
Université de Sfax

Soutenue publiquement le 26 janvier 2009

Jury :

Président	:	**Monsieur Paul FRIMAT**, *Professeur des Universités (Université Lille 2 Droit et Santé)*
Rapporteurs	:	**Monsieur Alain CANTINEAU**, *Professeur des Universités (Université Louis Pasteur, Strasbourg)*
		Monsieur Jean François GEHANNO, *Maître de Conférence des Universités (Université de Rouen)*
Examinateur	:	**Monsieur Mohamed Larbi MASMOUDI**, *Professeur des Universités (Université de Sfax)*
Codirecteurs	:	**Monsieur Daniel MARZIN** *Professeur des Universités (Université Lille 2 Droit et Santé)*
		Monsieur Boubaker ELLEUCH *Professeur des Universités (Université de Sfax)*

Université Lille 2
Droit et Santé

Dédicace

Cette thèse est dédiée

A

Mon père, Si Youssef, décédé lors de ma première année de thèse (octobre 2005) qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. Même pendant ces derniers jours, il me demandait de grader le souffle et d'accomplir mes engagements. Sans lui, je n'aurais certainement pas fait d'études longues. Cette thèse représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'il m'a prodigués tout au long de ma scolarité. Qu'il en soit remercié par cette trop modeste dédicace. Que dieu le garde en sa sainte Miséricorde.

A

Ma femme Rim. Merci de nous avoir tenu les mains jusqu'aux dernières lignes de cette thèse.

Mes deux petites Aïcha et Kmar

Toute ma famille en particulier à ma mère qui a toujours été présente lorsque j'en ai eu besoin. Merci maman.

Remerciements

Comme le veut la tradition, je vais tenter de satisfaire au difficile exercice de la page des remerciements, peut-être la tâche la plus ardue de ces années de thèse. Non qu'exprimer ma gratitude envers les personnes en qui j'ai trouvé un soutien soit contre ma nature, bien au contraire. La difficulté tient plutôt dans le fait de n'oublier personne. C'est pourquoi, je remercie par avance ceux dont le nom n'apparaît pas dans cette page et qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre. Ils se reconnaîtront.

Ce travail n'aurait pu être effectué sans l'accord, le soutien et l'aide de plusieurs personnes :

La première personne que je tiens à remercier est Monsieur Mohamed Larbi MASMOUDI, mon chef, qui a su me laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de mes travaux, tout en y gardant un œil critique et avisé. Plus qu'un encadrant ou un chef, je crois avoir trouvé en lui un ami qui m'a aidé aussi bien dans le travail que dans la vie lorsque j'en avais besoin …

S'il y a beaucoup de personnes que l'on qualifie à tort de sage ou de savant, ce n'est pas le cas avec Monsieur Paul FRIMAT. Il sait, invente, transmet; il écoute, comprend, tempère. Il a toujours montré de l'intérêt pour mes travaux et répondu à mes sollicitations lorsque le besoin s'en faisait sentir. Il m'a honoré en acceptant d'être Président de ce jury. J'espère que cette thèse sera un remerciement suffisant au soutien et à la confiance sans cesse renouvelée dont il a fait preuve en mon égard.

Je tiens à remercier mes deux codirecteurs Messieurs Boubaker ELLEUCH et Daniel MARZIN pour avoir accepté de me diriger patiemment, pour leur soutien constant durant cette thèse, mais aussi spécialement car, en m'acceptant dans leurs équipes de recherches respectivement à Sfax et à Lille, ils m'ont accordé des opportunités dans le domaine de la recherche en santé au travail et m'ont permis de partager des moments d'échanges forts intéressants avec des chercheurs de talon.

Je remercie Messieurs Alain CANTINEAU et Jean-François GEHANNO de m'avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de cette thèse. J'éprouve un profond respect pour leur travail et leurs parcours, ainsi que pour leurs qualités humaines.

J'exprime ma plus vive gratitude à mes amies mesdames Catherine NISSE et Ariane LEROYER, pour la confiance qu'elles m'ont accordé, pour leur accueil et leur encadrement durant toute la durée de cette thèse lors de mes séjours au Laboratoire de Médecine du Travail et du risque professionnel ou à distance, en me faisant partager leur enthousiasme pour la recherche et leur grande expérience et se rendant toujours disponible malgré leur travail. Merci mes chères amies.

Je remercie tout particulièrement mon ami Moncef KHADHRAOUI pour nos fréquentes discussions sur de nombreux sujets de toxicologie professionnelle et environnementales, mais aussi pour son implication dans mes travaux et sa disponibilité. Sa manière bien à lui de pousser continuellement à la remise en question m'a été d'une aide précieuse.

Je tiens à remercier l'ensemble de la famille de l'Institut de Santé au Travail du Nord de la France ma deuxième famille, et plus particulièrement mesdames Martine LOISON et Danielle VENBERKEL pour leur gentillesse et leur efficacité lors des difficultés administratives ou logistiques que j'ai rencontrées ; aussi Monsieur et madame AUQUE, Gérard et Sophie ; ainsi que toute l'équipe du centre de documentation.

Mes remerciements à Messieurs Denis ZMIROU-NAVIER et Philippe PARRIN et leur équipe de Nancy qui m'ont permis de partager leurs recherches et leur savoir faire. Je n'oublierai jamais Guillaume HERPIN qui a passé une quinzaine de jours parmi nous à Sfax avec sa plateforme de posturographie et qui ne prend pas son petit déjeuner les jours des mesures chez les Pâtissiers MASMOUDI.

Je tiens à remercier tous les chefs d'entreprises et leurs salariés qui ont accepté de participer à cette étude notamment la direction, les salariés de la société SIFCOL et particulièrement leur Ingénieur Directeur Technique Monsieur Maher BOUGHACHA pour sa disponibilité, son implication et sa complicité dans cette démarche d'évaluation du risque

Je remercie également Monsieur Hammadi AYEDI, Directeur Général du Centre Biotechnologique de Sfax qui a mis tous les moyens humains et matériels afin que nous puissions mener nos analyses biotoxiclogiques dans des bonnes conditions et ceci grâce aux Messieurs Hafedh BELGHEITH et Kamel WALHA que j'en remercie infiniment.

Je n'oublierai pas le grand secours de Monsieur Sami SAYADI au CBS dans les dernières semaines de la thèse qui a accepté de mettre à notre disposition son technicien et son CPG lorsque le notre a eu des problèmes techniques.

Enfin je remercie toute l'équipe du Laboratoire 3E et particulièrement la secrétaire Madame Ibtissem KHLIF pour sa gentillesse et son efficacité lors des difficultés administratives que j'ai rencontrées.

TABLE DES MATIERES

(Une table détaillée précède chaque chapitre)

INTRODUCTION 1

I. Contexte et objectifs généraux
II. Revue de la littérature
III. Objectifs scientifiques spécifiques

PARTIE I 10

HIERARCHISATION DU RISQUE CHIMIQUE AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET DES CHAUSSURES

PARTIE II 50

EVALUATION DES EXPOSITIONS AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

PARTIE III 79

UTILISATION D'UN INDICATEUR PRECOCE DE NEUROTOXICITE : LA POSTUROGRAPHIE

CONCLUSION 129

BIBLIOGRAPHIE 132

(A la fin de Chaque chapitre)

I. Bibliographie pour des documents sur support papier
II. Bibliographie pour des documents électroniques
III. Sites Web

ANNEXES 145

Annexes Partie 1
Annexes Partie 2
Annexes Partie 3

RESUME 168

VALORISATION DE LA THESE 170

ABREVIATIONS

C	:	**Conditions**
CNSS	:	**Caisse Nationale de Sécurité Sociale**
CPG-FID	:	**Chromatographie en phase gazeuse équipée d'un détecteur à ionisation de flamme**
CPP	:	**Centre de pression des pieds**
CRCC	:	**Centre Régional des Cuirs et Chaussures**
CRCIA	:	**Chambre Régionale du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat**
C-S	:	**SOLVANTS ET/OU AUX COLLES**
EPI	:	**Equipements de protection Individuelle**
ER	:	**Evaluation du risque**
ERC	:	**Evaluation du Risque Chimique**
FDS	:	**Fiche de données et de sécurité**
HPLC	:	**Chromatographie en phase liquide à haute performance**
HRP	:	**Hiérarchisation des risques potentiels**
I.exp	:	**Indice d'exposition**
I.pol	:	**Indice de pollution**
IBE	:	**Indicateurs Biologiques d'Exposition**
INRS	:	**Institut National de la recherche et de la Sécurité**
IRPCM	:	**Indice de Risque Potentiel Cumulé Moyen**
Lg	:	**Longueur**
MEK	:	**Méthyléthylcétone**
PU	:	**Polyuréthanes**
PVC	:	**Polychlorure de vinyle**
QR	:	**Quotient de Romberg**
RC	:	**Risque Chimique**
S	:	**Surface**
S^{GE}	:	**Score global d'équilibre**
SIFCOL	:	**Société Industrielle de Fabrication de colles**
SNC	:	**Système Nerveux Central**
SRP	:	**score de risque potentiel**
THF	:	**Tétrahydrofurane**
VME	:	**Valeurs Moyennes d'Exposition**
YF	:	**Yeux fermés**
YO	:	**Yeux ouverts**
Z.I.	:	**Zone Industrielle**

FIGURES ET TABLEAUX

FIGURES

	Page
Figure 1.a : Carte de la Tunisie et localisation de la ville de Sfax	**4**
Figure 1.b : Carte de localisation des zones industrielles dans la grand Sfax	**4**
Figure 2.a : Plan du centre de la ville de Sfax	**5**
Figure 2.b : Plan de la vieille ville de Sfax « La Médina »	**5**
Figure 3 : Les différentes composantes de la chaussure	**52**
Figure 4.a : Vue générale du matériel commandé	**57**
Figure 4. b : Kit de 5 pompes à poche KV atex	**57**
Figure 5 : Prélèvement l'atmosphère	**59**
Figure 6. Chromatogramme d'un standard injecté dans les mêmes conditions d'analyse que celles des échantillons	**60**
Figure 7. Chromatogrammes de 2 standards injectés dans les mêmes conditions d'analyse que celles des échantillons	**61**
Figure 8. Trouble de la vigilance et accidents du travail	**81**
Figure 9. Plateforme à jauges de forces	**85**
Figure.10.a., Logiciel d'acquisition WINPOSTURE	**86**
Figure 10.b. Logiciel d'acquisition WINPOSTURE : Interface « Enregistrement d'un candidat »	**86**
Figure.10.c. Logiciel d'acquisition WINPOSTURE : « Interface d'acquisition »	**87**
Figure.10.d. En cours d'acquisition	**87**
Figure 11. Posturographie statique, statokinésigramme (Médicapteur - QFP SystèmesNice)	**85**
Figure 12. Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB)	**89**
Figure 13. Statokinésigramme avec les données acquises	**90**
Figure 14. Description of the various workshops	**104**

TABLEAUX

	Page
Tableau 1 : Les produits de bases dans la fabrication de chaussure	11
Tableau 2 : Les autres préparations utilisées dans la fabrication de chaussures	12
Tableau 3 : Les familles de solvants utilisées dans la fabrication de colles et chaussures	13
Tableau 4 : Les Méthodes d'analyse	14
Tableau 5 : Les Méthodes de ranking	15
Tableau 6 : Définitions des entreprises	16
Tableau 7 : Classes des préparations de Solvants et de colles	17
Tableau 8 : Classes de danger en fonction de l'étiquetage	19
Tableau 9 : Calcul des classes de quantité	19
Tableau 10 : Détermination des classes de fréquence d'utilisation	19
Tableau 11 : Détermination des classes d'exposition potentielle	20
Tableau 12 : Détermination du risque potentiel (Score HRP)	20
Tableau 13 : Détermination des classes de priorité en fonction du Danger, de l'exposition potentielle et de la priorité	21
Tableau 14.A : Population d'étude théorique « Echantillon Prévu »	22
Tableau 14.B : Population d'étude réelle « Echantillon retenu »	22
Tableau 15 : Population exposée aux C-S	23
Tableau 16 : Répartition des salariés manipulateurs de C-S en fonction de la durée cumulée d'exposition	23
Tableau 17 : Les quantités annuelles de C-S consommés	24
Tableau 18 : Fréquences d'utilisation des moyens de protections individuelles	25
Tableau 19 : Superficies des ateliers selon les procédés de fabrication	25
Tableau 20 : Ambiance générale des locaux	25
Tableau 21 : Ventilation des locaux	26
Tableau 22 : La composition d'une « COLLE SOLVANTÉE » (selon SIFCOL)	26
Tableau 23 : Classification des produits utilisés dans la fabrication de chaussure en groupe des solvants et des colles dans la ville de Sfax	27
Tableau 24 : Inventaire des « SOLVANTS » utilisés dans l'industrie des colles et Classe de DANGER	28
Tableau 25.A : Inventaire des préparations de « SOLVANT » utilisées dans l'industrie des chaussures et Classe de DANGER	29
Tableau 25.B : Inventaire des préparations de « COLLE » utilisées dans l'industrie des chaussures et Classe de DANGER	30
Tableau 26 : Hiérarchisation du risque potentiel par agent chimique dans les entreprises de fabrication de colles	33

Page

Tableau 27 : Hiérarchisation du risque potentiel des entreprises de fabrication de Chaussure « Procédé industriel » 34
Tableau 28 : Hiérarchisation du risque potentiel des entreprises de fabrication de Chaussure« Procédé semi-industriel » 38
Tableau 29 : Hiérarchisation du risque potentiel des entreprises de fabrication de Chaussure « Procédé artisanal » 40
Tableau 30 : Les étapes de fabrication de la chaussure (Technique le soudé) et les sources de pollution 54
Tableau 31 : Les différentes phases de la fabrication de la chaussure (Technique le soudé) et les solvants et les colles utilisés 54
Tableau 32 : Fabrication de chaussures 55
Tableau 33 :Les moments des interventions dans les entreprises 58
Tableau 34 : Conditions de préparation et d'analytiques des solvants cibles « Tube charbon actif : 200/800 » 60
Tableau 35 : Temps de rétention (mn), Concentration (mg/l) et Surface des pics des différents solvants étudiés 60
Tableau 36 : Temps de rétention (mn), Concentration (mg/l) et Surface des pics des différents métabolites étudiés 61
Tableau 37 : Valeurs limites d'exposition atmosphérique et biologiques des solvantsétudiés 63
Tableau 38.a : Echantillon d'entreprises participantes aux interventions bio-métrologiques 64
Tableau 38.b : Liste des entreprises participantes et nombres des prélèvements réalisées 64
Tableau 39 : Exposition atmosphérique des salariés en fonction du procès industriel 66
Tableau 40 : Exposition atmosphérique des salariés en fonction du poste de travail 66
Tableau 41 : Concentrations atmosphériques moyennes des solvants dosés 67
Tableau S : 55 prélèvements atmosphériques (18 entreprises : "1" Indus, "2" Semi-Indus, "3" Art) Période : du 28 mai au 12 septembre 2008 68
Tableau 42 : Dosages urinaires de l'Acide hippurique et de l'Acide trans,trans-muconique en fonction du poste de travail 70
Tableau M : 68/73 prélèvements urinaires analyses des 190 réalisés (10 entreprises : 6 artisaneles, 3 semi-industrielles et 1 industrielle) 71
Tableau 43 : Protocole d'évaluation posturographique avec QFP 89
Tableau 44 : Les six conditions du test d'organisation sensorielle adapté sur la plateforme ambulatoire QFP (Medicapteur, NICE, France) 90
Table 45 : Atmospheric and biological exposure limit values of studied solvents 105
Table 46 : Solvents used and solvent quantities 106
Table 47.a. Exposure of workers according to the activity in the workshop 106
Table 47.b. Average atmospheric toluene and hexane concentrations 106
Table 48 : Urinary proportionings of workers according to the activity of the workshop 107
Table 49 : Concentrations of hexane and its biological indicator in the workshop of the solvented adhesive 107
Table 50. Characteristics of subjects 121
Table 51. Metrology – Median values (Med), associated interquartile range (IQR) of the atmospheric concentrations (mg/m^3) 121
Table 52. Posturographic test at the beginning of the week (chronic exposure) 122
Table 53. Posturographic test at the end of the workshift (chronic and subchronic exposure) 123

INTRODUCTION GENERALE

Table des matières

I. Contexte et objectifs généraux…… 1

I.1. Etat de la question…… 1

I.2. Lieu de l'étude…… 2

I.3. Histoire de la chaussure dans la ville de Sfax…… 2

II. Revue de la littérature…… 6

II.1. L'industrie de la chaussure…… 6

II.2. Les procédés de fabrication de la chaussure…… 6

II.3. Les risques des solvants et des colles sur la santé…… 7

II.4. les effets des solvants et des colles sur la santé…… 7

III. Objectifs scientifiques spécifiques…… 8

IV. Références Bibliographiques…… 9

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS GENERAUX

I.1. ÉTAT DE LA QUESTION

Utilisé dans de nombreux domaines, les solvants organiques entrent dans la composition de divers produits tels que les peintures, les encres, les pesticides, les dégraissants les diluants et les colles [3]. Parmi ces domaines la fabrication de la chaussure entraîne une grande consommation des colles, des diluants et décapants à bases de solvants organiques. En conséquence, les employés de ce secteur industriel sont susceptibles de présenter des pathologies suite à cette exposition aux solvants organiques volatiles [7].

Sfax, deuxième ville de la Tunisie, est un pilier industriel et agricole dans l'économie tunisienne. Parmi ses industries, la fabrication de colles et de chaussures, sont des secteurs très développés dans la région.

La population active en milieu professionnel non agricole dans la ville de Sfax est de l'ordre de 100 000 salariés dont 10 000 dans la fabrication et la manipulation de solvants et de colles notamment dans la production de chaussures. Environ 6000 artisans de fabrication de chaussures sont implantés dans la Médina (l'ancienne ville) [2].

Si la surveillance de la santé au travail en Tunisie est obligatoire et bien structurée du point de vue réglementaire notamment depuis la mise en application de la loi 94-28 du 28 février 1994 [4,5] relative à la gestion des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur privé (non public), et de la loi 96/62 du 15 juillet 1996 [6] portant modification de certaines dispositions du code du travail et les textes relatifs qui ont suivi ; elle reste insuffisante et limitée à la visite médicale voire absente dans certains domaines professionnels. La surveillance toxicologique suite à des expositions professionnelles (dosage des indicateurs biologiques d'exposition, mesure des niveaux d'expositions atmosphériques …) doit compléter cette surveillance médicale pour une meilleure évaluation de l'exposition professionnelle.

A cette situation s'ajoute le comportement de certains industriels et des artisans (le cas des fabricants des chaussures qui échappent à toute surveillance médicale), et ce malgré les efforts de sensibilisation et d'information voir même de motivation des industriels et des salariés. Cette surveillance est souvent limitée parfois à la simple visite médicale organisée par l'inspection médicale régionale du travail et les structures régionales de la Caisse Nationale de Sécurité Sociale (CNSS) pour réaliser cette couverture en santé et sécurité au travail.

Les deux objectifs principaux de cette étude sont :

- Hiérarchiser le risque chimique des différentes expositions professionnelles aux solvants et/ou aux colles en tenant compte à la fois du secteur d'activité et du poste de travail, et d'en préciser les niveaux atmosphériques ;
- Evaluer les impacts sanitaires des expositions aux principaux solvants en milieu professionnel par la mesure des indicateurs d'expositions biologiques couplés à des indicateurs de neurotoxicité par des mesures posturales.

Les objectifs secondaires sont :

- Etablir la liste des salariés exposés aux solvants des colles, en vue d'un suivi professionnel ;
- Appliquer les dosages bio-métrologiques dans la surveillance médicale professionnelle.

I.2. LIEU DE L'ETUDE :

La ville de Sfax est située au Nord du golfe de Gabes à 34°43' N et 10°46' E, à 270 km de la capitale Tunis, vers le Sud-Est (Figure 1.a). Elle occupe une position côtière centrale dans le pays au carrefour des plus grands centres économiques de la Tunisie.

La région de Sfax représente la deuxième ville de la Tunisie. C'est le pôle commercial et industriel le plus important du pays. Quatre grandes zones industrielles sont installées couvrant divers secteurs d'activités (Figure 1.b) : construction navale, industrie pétrochimique, plastique et caoutchouc, agroalimentaire, textiles et chaussures, etc...

Selon le procédé de fabrication de colles et de chaussures : Industrielle, semi-industrielle ou artisanale, les entreprises sont réparties dans la ville en trois catégories (Fig 2.a) :

- ***Les entreprises industrielles :*** dans la zone industrielle (Z.I.) Poudrière I et II, la Z.I. Thyna et la Z.I. Sidi Salem ;
- ***Les entreprises semi-industrielles*** dans la Z.I. El Maou et la Médina
- ***Les entreprises artisanales*** dans la Médina

I.3. HISTOIRE DE LA CHAUSSURE DANS LA VILLE DE SFAX

Comme dans plusieurs villes, Sfax possédait un artisanat de la chaussure. Mais en plus, Sfax avait une industrie de la chaussure. La Fabrication de la chaussure à Sfax sous forme « industrielle » remonte au XIX^{ème} siècle. Elle a été bien structurée dans la Médina dans un quartier de la chaussure appelé « Souk des Blaghgias ». Il est composé de la principale rue d'exposition des chaussures : l'actuelle rue Mongi Slim

connu sous son ancienne appellation « rue du Bay ». En effet, le long de cette rue sur 300 m environ les magasins de chaussure exposaient leurs produits (jusqu'à nos jours). Dans le niveau « un » appelé « l'Elly » de chaque magasin ou dans les ruelles avoisinantes se trouvait leurs propres ateliers de fabrication.

En 1960, après l'indépendance, les observateurs prédisaient le déclin rapide et la disparition de cet artisanat devant la concurrence de l'industrie moderne de la chaussure. Or, au bout de plus de 30 ans, cet artisanat, loin d'avoir disparu, a prospéré et il alimente aujourd'hui, en chaussures modernes, plus de la moitié du marché tunisien. Le quartier artisanal de la chaussure s'est agrandi dans la vieille ville de Sfax ; on y entend partout le bruit des machines dont les artisans se sont équipés pour moderniser les points sensibles de leurs fabrications (Figure 2.b) [8].

Figure 1.a. Carte de la Tunisie et localisation de la ville de Sfax

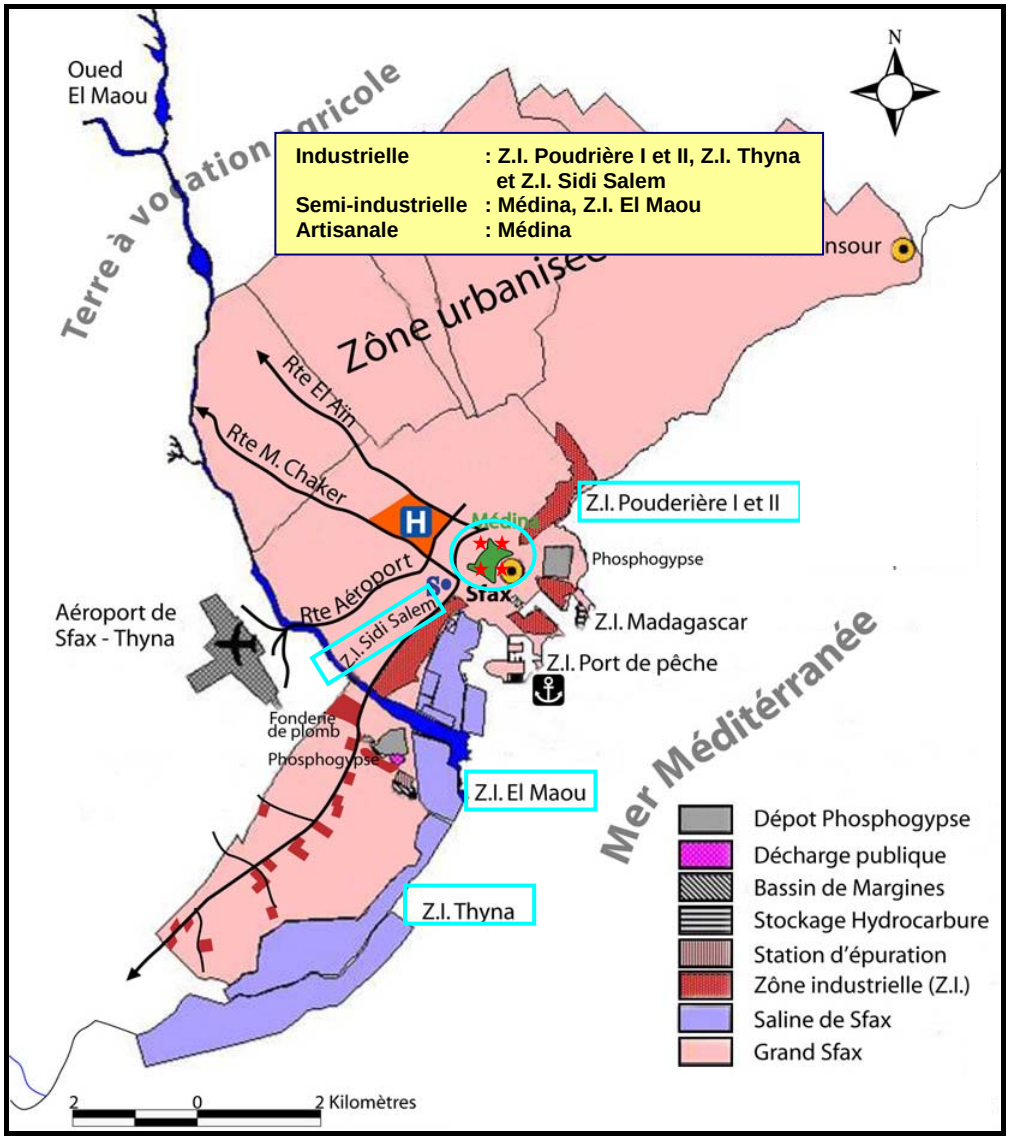


Figure 1.b. Carte de localisation des zones industrielles dans la grand Sfax

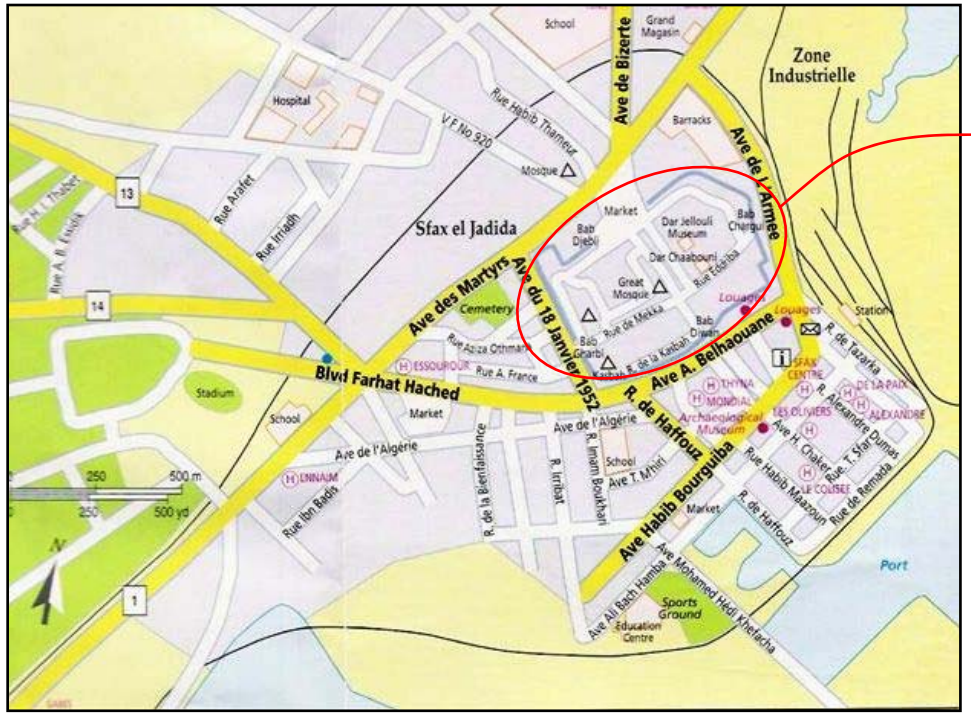


Figure 2.a. Plan du centre de la ville de Sfax

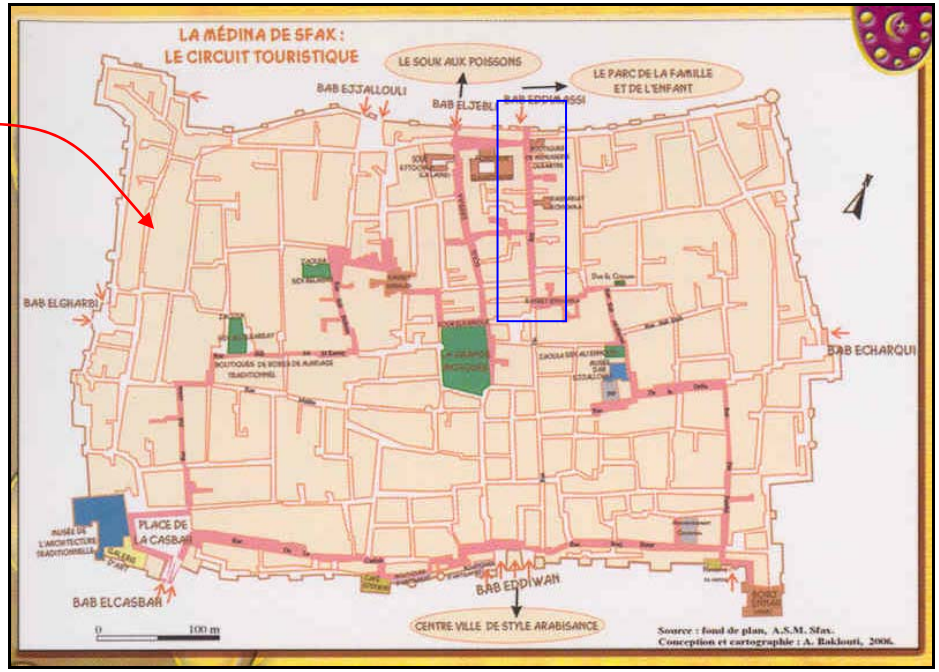


Figure 2.b. Plan de la vieille ville de Sfax « La Médina »

II. REVUE DE LA LITTERATURE

II.1. L'INDUSTRIE DE LA CHAUSSURE

Le terme « **chaussure** » recouvre une vaste gamme de produits faits à partir de matériaux variés. Bottes, souliers, sandales, pantoufles, galoches et d'autres encore sont fabriqués, entièrement ou en partie, avec du cuir, du caoutchouc, des matières synthétiques et plastiques, de la toile, de la corde et du bois. Notre étude traite de l'industrie de la chaussure au sens courant du terme, c'est-à-dire celle basée sur les méthodes traditionnelles de fabrication. La manufacture de bottes de caoutchouc (ou de matières synthétiques équivalentes) est l'une des branches de l'industrie du caoutchouc, est exclue de cette étude [1].

Les souliers, les bottes et les sandales de cuir, de feutre ou d'autres matières ont été pendant des siècles réalisés à la main. Les chaussures de qualité sont encore fabriquées entièrement ou en partie de cette façon par des artisans mais, dans tous les pays industriels, c'est aujourd'hui la production en série qui prédomine [1,7].

Ces dernières années, l'industrie de la chaussure s'est transformée en raison notamment de facteurs économiques.

II.2. LES PROCEDES DE FABRICATION DE LA CHAUSSURE

La réalisation d'une chaussure comprend plusieurs opérations. Chaque étape a été mécanisée, mais la fabrication manuelle sert de référence. L'introduction de nouvelles matières a modifié les procédés de fabrication sans en changer les grandes lignes [3,7].

La fabrication des tiges nécessite le tri et la préparation du cuir ou d'autres matières. Les tiges sont taillées avec des coupoirs sur des presses de piquage (ou de gravure). Les diverses parties, y compris les doublures, sont alors « assemblées », c'est-à-dire piquées ou collées ensemble. On procède au besoin à d'autres opérations : perforation, pose d'oeillets ou confection de boutonnières.

Pour la partie inférieure, les semelles extérieures et intérieures, les talons et les trépointes sont découpées au moyen de coupoirs à lames mobiles ou de presses moulantes. On fabrique les talons en comprimant du cuir ou des lamelles de bois. L'ensemble est alors découpé, formé, nettoyé et marqué.

Les parties supérieures et inférieures de la chaussure sont ensuite assemblées, puis piquées, collées, clouées ou vissées ensemble. Ces opérations terminées, les

chaussures sont mises en forme et lissées au moyen de cylindres. Le finissage de la chaussure comprend le cirage, la coloration, la vaporisation, le polissage et l'emballage.

Parmi les matières premières utilisées au cours de la fabrication, **les adhésifs**, notamment les adhésifs solides et liquides naturels et les solutions adhésives **préparées à partir de solvants organiques**, représentent les plus importants risques professionnels [3].

II.3. Les Risques des Solvants et des Colles sur la Sante

L'utilisation intensive de liquides inflammables entraîne un fort risque d'incendie et l'emploi très répandu de presses et de machines d'assemblage a accru par ailleurs les risques d'accidents. **Les principaux dangers pour la santé des travailleurs** sont l'usage **des solvants toxiques**, les fortes concentrations de poussières dans l'air, les risques dus à des insuffisances ergonomiques et le bruit provenant des machines.

Les solvants organiques peuvent avoir des effets aigus et chroniques sur le système nerveux central. Le benzène, qui était autrefois utilisé dans les adhésifs et les solvants, a été remplacé par **le toluène**, le xylène, **l'hexane**, **le méthyléthylcétone** et le méthylbutylcétone. Le *n*-hexane et le méthylétylcétone peuvent causer un **neuropathie périphérique** et devraient être remplacés par l'heptane ou d'autres solvants [7].

Dans de nombreuses manufactures, on a enregistré des épidémies d'une maladie connue sous le nom de « paralysie du cordonnier » et caractérisée par les signes cliniques d'une forme de paralysie plus ou moins grave. Il s'agit d'une paralysie de type flasque, localisée dans les membres supérieurs et/ou inférieurs qui entraîne une atrophie ostéotendineuse avec une aréflexie, sans altération de la sensibilité superficielle ou profonde. Du point de vue clinique, ce syndrome résulte d'une inhibition ou d'une lésion fonctionnelle des neurones moteurs inférieurs du système moteur volontaire (système pyramidal). Le plus souvent, il conduit à une régression neurologique avec une récupération fonctionnelle proximodistale extensive [1,3,7].

II.4. Les Effets des Solvants et des Colles sur la Sante

Dans la fabrication des chaussures et des bottes, la manutention et le traitement du cuir peuvent entraîner des maladies causées par l'exposition à certaines des substances chimiques mentionnées précédemment et utilisées pour le tannage et le finissage. De plus, diverses substances chimiques peuvent produire d'autres maladies. L'exposition aux solvants toxiques, contenus dans les adhésifs et les

produits nettoyants, et aux poussières de cuir en suspension dans l'air est particulièrement préoccupante. L'emploi du benzène peut provoquer une thrombopénie (diminution du nombre des globules rouges, des plaquettes et des globules blancs dans le sang) ou une pancytopénie. Il a été presque éliminé de l'industrie de la chaussure [3]. On a également constaté, dans certaines fabriques de chaussures, des cas de neuropathie périphérique dus au *n*-hexane contenu dans les adhésifs. Cette substance a également été largement remplacée par des solvants moins toxiques. Des cas de changements électroencéphalographiques, de lésions du foie et d'altérations du comportement dus à l'exposition à des solvants ont été signalés chez des travailleurs de l'industrie de la chaussure [7].

III. OBJECTIFS SCIENTIFIQUES SPECIFIQUES

Au vu des études rapportées dans la littérature depuis des dizaines d'années sur les effets des solvants sur la santé et les nouvelles démarches d'évaluations du risque chimique en milieu professionnel mises en place, il faut souligner la rareté voir l'absence des études sur le risque des solvants en Tunisie particulièrement dans l'industrie de la colle et de la chaussure. La mise en place d'un projet de recherche sur ce type de risque à Sfax s'est avérée légitime sachant que l'infrastructure le permettait de réaliser de telle démarche.

Dans le cadre de cette thèse qui est composée de trois chapitres, les objectifs scientifiques spécifiques sont :

Dans la 1ère phase : Hiérarchiser les risques chimiques potentiels aux solvants organiques dans l'industrie de la fabrication des colles et des chaussures en tenant compte du secteur d'activité et du poste de travail ;

Dans la 2ème phase : Evaluer l'impact sanitaire des solvants dans la fabrication des chaussures et des colles par des mesures métrologiques et biologiques d'exposition ;

Dans la 3ème phase : Evaluer la neurotoxicité d'une exposition chronique aux solvants organiques à de faibles concentrations au-dessous des valeurs limites par des mesures posturographiques, chez les ouvriers dans une entreprise de fabrication de colles, particulièrement ses conséquences sur le système nerveux central avec ou sans des situations contradictoires sensorielles sur la commande d'équilibre.

IV. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Centre Technique Cuir Chaussure Maroquinerie (CTC).** Secrets de fabrication de la chaussure en Bande Dessinée. [En ligne] www.ctc.fr/faq/questions.php3?theme=1 (Consulté le 29.02. 2008)
2. **Gouvernorat de Sfax.** Portail de l'Industrie Tunisienne (Agence de Promotion de l'Industrie) [En ligne] http://www.tunisieindustrie.nat.tn (Consulté le 25 février 2008)
3. **INRS.** Ventilation des ateliers d'encollage de petits objets (chaussures). Guide pratique de ventilation n° 5. ED 672, 1987 : 28 pages
4. **Journal Officiel de la République Tunisienne (JORT)**. Loi n° 94-28 du 21 févier 1994, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. JORT, 22 février 1994 n° 15 : 308-18.
5. **JORT**. Loi n° 95-56 du 28 juin 1995, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. JORT, 4 juillet 1995 n° 53 : 1419-24.
6. **JORT.** Loi n° 96-62 du 15 juillet 1996, portant modification de certaines dispositions du Code du Travail. JORT, 23 juillet 1996 n° 59:1579-88.
7. **McCann M.** Le cuir, la fourrure et la chaussure. Encycl Sécurité Santé Travail (BIT) 2000, 3ème édition française (traduction 4ème édition anglaise), 3, 88 :13 pages
   [En ligne] www.ilo.org/public/french/protection/safework/cis/products/encyclo/pdf (Consulté le 06.04.2007)
8. **Van Der Meerschen M.** La médina de Sfax. Enquête préliminaire à sa régénération. MONUMONTUM (*International Council on Monuments and Sites*) 1972,8:28 pages [En ligne] http://www.international.icomos.org/monumentum/vol8/ vol8_1.pdf (Consulté le 30.03. 2008)

PARTIE I

HIERARCHISATION DU RISQUE CHIMIQUE AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET DES CHAUSSURES

Table des matières

I. Introduction…… 10
I.1. Rappel des risques…… 10
I.1.1. Les produits de bases …… 10
I.1.2. La nature du risque ..…… 12
I.2. Les techniques d'évaluation du risque..…… 13
I.2.1. Les Méthodes d'analyse …… 13
I.2.2. Les méthodes de classification et de hiérarchisation ……..…….. 15

II. Matériel et Méthodes…… 15
II.1. Caractérisation des sites de l'étude ……..……..……. 15
II.1.1. Définitions des entreprises …… 15
II.1.2. Localisations des sites de l'études……..…….. 16
II.2. Critères d'inclusion et d'exclusion ……..…….. 16
II.2.1. Critères d'inclusion …… 16
II.2.2. Critères d'exclusion ……..…….. 16
II.3. L'évaluation du risque chimique (ERC)…… 16
II.3.1. Repérage des entreprises…….. 16
II.3.2. Classification des préparations…..……... 17
II.3.3. Méthodologie simplifiée d'ERC de l'INRS…….. 17
II.3.3.1. Classes de danger…….... 18
II.3.3.2. Classe de quantité…….. 19
II.3.3.3. Classe de fréquence d'utilisation……..... 19
II.3.3.4. Classe d'exposition potentielle……..... 20
II.3.3.5. Détermination du score de risque potentiel..……..... 20
II.3.3.6. Modélisation complémentaire en vue de hiérarchiser les entreprises…….... 20

III. Résultats…… 22
III.1. Descriptif des Entreprises…….…… 22
III.1.1. Description de la population d'étude ……..…… 22
III.1.2. Salariés exposés aux solvants et/ou aux colles……. 22
III.1.2.1. Population actuellement exposée……... 22
III.1.2.2. Population manipulatrice et durée cumulée d'exposition…… 23
III.1.3. Activités exposantes aux solvants et/ou aux colles...……... 23
III.1.3.1. Groupes de colles et/ou solvants et quantités annuelles consommées.……..…..…. 23
III.1.3.2. Moyens de protection individuelles et manipulateurs de colles et/ou de solvants... 24
III.1.4. Description des lieux de réalisation des travaux…..……..... 25
III.1.4.1. Les superficies des ateliers……..…….....……... 25
III.1.4.2. Ambiance générale des locaux..…….. 25
III.1.4.3. Ventilation des locaux……...…….. 26
III.2. La Composition d'une « colle solvantée »…… 26
III.3. L'évaluation du risque chimique (ERC)…….... 27
III.3.1. Classement des préparations utilisées dans la fabrication de colles et de chaussures. 27
III.3.2. Inventaire des produits et classe de Danger…….. 28
III.3.2.1. Dans l'industrie de colles……..... 28
III.3.2.2. Dans l'industrie de chaussures……..... 28
III.3.3. Hiérarchisation du risque Potentiel……. 31
III.3.3.1. Dans l'industrie de colles…… 31
III.3.3.2. Dans l'industrie de chaussures…….. 31
III.3.3.2.1. Procès « Industriel »…… 31
III.3.3.2.2. Procès « Semi-industriel »…….. 31
III.3.3.2.3. Procès « Artisanal »……..... 31
III.3.4. Indice de Risque potentiel cumulé moyen (IRPCM)…… 32
III.3.4.1. Dans l'industrie de colles……..... 32
III.3.4.2. Dans l'industrie de chaussures……... 32

IV. Commentaires et Discussion……..... 44
III.1. Caractérisation de la population d'étude……..... 44
III.2. Population exposée aux solvants et/ou aux colles..…….. 44
III.3. Les équipements de protections individuelles et collectives……..... 44
III.4. Localisation des entreprises……..... 45
III.5. Le choix de la méthode d'ERC simplifiée de l'INRS…….…….... 45

V. Conclusion…… 47

VI. Références Bibliographiques…….. 48

I. INTRODUCTION

I.1. RAPPEL DES RISQUES

I.1.1. LES PRODUITS DE BASES

Dans l'industrie de la colle et ses dérivés, les produits destinés à la fabrication de la chaussure sont répartis en 3 groupes [4-6,11,22] :

I.1.1.1. LES COLLES (Tableau 1)

I.1.1.1.1. LES COLLES POLYURETHANES (PU)

Les colles PU sont utilisées pour l'assemblage de semelles TR (TR), caoutchouc, PVC, cuir sur des peausseries à forte teneur en matières grasses ou de tissus synthétiques exigeant l'emploi de colles performantes.

I.1.1.1.2. LES COLLES POLYCHLOROPRENES (NEOPRENE)

Pour la confection de semelles d'enrobages, de réparation rapide et le collage de matières naturelles (cuir, caoutchouc), les colles néoprènes sont utilisées. Elles sont fabriquées à partir de résines synthétiques dissoutes dans des solvants cétoniques.

I.1.1.1.3. LES COLLES EN EMULSION AQUEUSE

Les colles en émulsion aqueuse sont dites colles latex ou colles blanches. Elles peuvent être naturelles ou synthétiques :

Les Colles latex naturelles sont appliquées par machine, par pistolet ou manuellement. Ce sont des colles de contact pour fixer des semelles, des coutures et des doublures.

Les Colles latex synthétiques sont utilisées pour la pose des bouts et le collage de doublures.

I.1.1.1.4. LES COLLES THERMOFUSIBLES

Cette nouvelle génération de colle a été développée dans le souci de réduire l'usage des solvants. Elle consiste à appliquer sur une des faces à coller un polymère fondu par élévation de la température. Elle nécessite un équipement de cadence qui est coûteux.

I.1.1.2. LES PRIMAIRES, LES DURCISSEURS ET LES ADDITIFS.

Les opérations d'halogénation de semelles TR, avec leurs nouvelles caractéristiques (aspect caoutchouc et mat ou transparent), sont à contrôler avec rigueur et à tout changement de modèle. Il y a plusieurs formules prêtes à l'emploi (1 ou 2 composants) pouvant recevoir ***un additif*** pour contrôler l'application régulière sur les semelles.

Les catalyseurs, lents ou rapides, sont utilisés dans les colles polyuréthanes, polychloroprènes ou dispersion, ainsi que pour injection directe. Ils assurent une bonne résistance à la migration des cuirs gras.

Tableau 1 : Les produits de bases dans la fabrication de chaussure (volet le soudé) [11]

Les Produits	Composition	Utilisation
Les colles polychloroprènes (Néoprène) Mise en œuvre par contact, avec les opérations suivantes : - enduction des 2 faces à coller, - respect du temps de gommage (de façons à ce que les 2 film de colle libèrent leurs solvants), - assemblage des pièces (pression) après réactivation	- Extraits secs à base de polychloroprène (15 à 30 %) selon l'utilisation - <u>*Solvants organiques*</u> (Gl* mélange) : les plus utilisés sont, par ordres d'importance décroissantes : * MEK * Essence C (jusqu'à 30% d'hexane), * Acétone * Acétate d'éthyle * Toluène * Cyclohexane * Les alcools et hydrocarbures chlorés (*peu utilisés*)	- soudé des semelles de chaussure
Les colles polyuréthannes (PU)		
1. à base d'élastomères polyuréthannes	Eléments de Polychlorure de vinyle (PVC) - Extraits secs d'élastomères polyuréthannes - <u>*Solvants organiques*</u> : mélange * Cétones et/ou * Acétates	- adhésif de contact dont la prise s'effectue après évaporation du solvant
2. bi-composants	*Partie A :* - Polypol (polyester ou polyester) - <u>*Solvants organiques*</u> : mélange * Cétones et/ou * Acétates *Partie B :* - Prépolymères d'isocyanates (faible quantité d'isocyanates libres : Ex. diisocyanate de diphénylméthane ...)	Assemblages très souples Le mélange de **A** avec **B** est effectué au moment de l'utilisation - La prise s'effectue après évaporation du solvant
Les colles en émulsion aqueuse (dites aussi) **:** **colles latex ou colles blanches**	- Extraits secs (40 à 60 % est peut être : * Polyacétate de de vinyle * polyisoprène * polymères acryliques * Copolymères : acryliques, isoprène, chlorobutadiène * polyuréthanne - <u>*Solvants :*</u> * en général : EAU * Eventuellement et en faible proportions : - des alcools - d'autres solvants	- Montage des doublures : application manuelle par simple enduction et contact - Prise de contact par évaporation d'eau
Les adhésifs thermo-fusibles ou « hot melt » *Equipement de cadence « très coûteux »*	Copolymère acétate de vinyle-éthylène ± éventuellement : plastifiants ou anti-oxydants	Appliquer sur une des faces à coller un polymère fondu par élévation de température

I.1.1.3. LES SOLVANTS, LES DILUANTS ET LES DECAPANTS

A côté des préparations de colles, il y a d'autres préparations nécessaires et complémentaires à type de décapants, de diluants et de solvants (Tableau 2).

Tableau 2 : Les autres préparations utilisées dans la fabrication de chaussures

Préparations	Utilisations et exemples
Les Décapants	- les semelles PU : enlever les traces de démoulant ; - les semelles PVC : enlever en surface les plastifiants contenus dans les mélanges PVC
Les Diluants	- Diluer les colles polychloroprène ; - Nettoyer les machines à encoller et les pinceaux, les pistolets d'application maculés de peinture, les tamis pour encre sérigraphique
Les Solvants	- Nettoyer les semelles caoutchouc, les pistolets d'application maculés de peinture, les tamis pour encre sérigraphique ; - Diluer les peintures et colles.

I.1.2. LA NATURE DU RISQUE « LES SOLVANTS »

Les solvants organiques sont des hydrocarbures répartis en 8 principaux groupes, auxquels s'ajoutent quelques solvants particuliers [8-10] :

- **Hydrocarbures aromatiques** (benzène**, toluène,** xylènes, cumène…),
- **Solvants pétroliers** (hors aromatiques : alcanes, alcènes…),
- **Alcools** (méthanol, éthanol, glycols…),
- **Cétones (acétone, méthyéthylcétone**…),
- **Esters** (**acétates**, agrosolvants…),
- Ethers (éther éthylique, THF, dioxane…),
- Ethers de glycol,
- **Hydrocarbures halogénés (chlorés**, bromés ou fluorés),
- Solvants particuliers (amines, amides, terpènes…).

Selon leurs propriétés, **les solvants** peuvent servir, dans la fabrication de la chaussure, **de** :

- dégraissants (nettoyage des semelle, des textiles ...) ;
- **adjuvants et diluants** (peintures, vernis, **encres, colles …**) ;
- **décapants** (**élimination** des peintures, vernis, **colles** ...).

Six familles sont utilisées dans l'industrie de la fabrication des colles et des chaussures. Elles sont résumées ainsi que leurs utilisations dans le tableau 3.

Tableau 3 : Les familles de solvants utilisées dans la fabrication de colles et chaussures [10]

Famille de solvants	Utilisations et exemples
Les hydrocarbures aromatiques	Les homologues du benzène, (**toluène,** xylènes, éthylbenzène...) sont utilisés comme **solvants** de vernis, de **colles** et d'encres.
Les solvants pétroliers	Utilisés comme **solvants** de peintures, d'**adhésifs** et de vernis : **- les alcanes** telles que **l'hexane (C_6H_{14})** ; - **les cycloalcanes**. Le plus utilisé est le **cyclohexane (C_6H_{12})**.
Les alcools	Très utilisés comme **diluants** des encres, des résines, des vernis, des peintures et **des colles**. Ce sont d'excellents agents déshydratants possédant une bonne action dégraissante *Exemple :* **isopropanol** (ou alcool isopropylique).
Les cétones	Principalement utilisées comme **solvant** de peintures, de laques, de vernis, de **colles** et d'**adhésifs.** Elles sont parfois imprégnées sur des lingettes pour de petits nettoyages. Elles sont de bons agents séchant des pièces humides. Les plus couramment rencontrées sont : l'**acétone ou méthyléthylcétone**.
Les acétates (Les esters)	Souvent mélangés à d'autres solvants, par exemple, dans les produits durcisseurs et d'halogénation
Les hydrocarbures halogénés	Utilisés comme diluants de **colles**, d'**adhésifs**, de peintures. *Exemples :* **Trichloroéthylène (dégraissant de cuir, diluant de colle) ou Dichlorométhane (diluant des colles et décapant)**

I.2. LES TECHNIQUES D'EVALUATION DU RISQUE

L'évaluation du risque (ER) consiste en une identification systématique et performante et en une analyse de la présence de dangers et des facteurs de risques dans des processus de travail et des situations de travail concrètes sur le lieu de travail dans une entreprise, un chantier ou une institution [7,12]. Cette définition d'ER a dès lors une signification très large et ne peut être limitée à l'application de certaines méthodes pour évaluer des risques constatés [19].

Dans la littérature deux grands groupes de méthodes d'ER sont individualisés :

- les méthodes d'analyse,
- les méthodes de classification et de hiérarchisation.

I.2.1. LES METHODES D'ANALYSE

La plupart des méthodes d'analyse des risques considèrent le risque comme un événement non désiré ou une défaillance survenant dans le fonctionnement des installations et leurs équipements techniques. Elles prennent en considération les facteurs (de risque) qui peuvent affecter en terme de dysfonctionnement ou de problème ou encore d'erreur humaine les aspects suivants des systèmes de travail : la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, la sécurité et la capacité (Tableau 4) [17,19].

Tableau 4 : Les Méthodes d'analyse [19-21]

Méthodes axées sur le rôle des machines appliquées à des installations ou plus généralement, à des situations de travail où la machine et les outils jouent un rôle important				
Méthode « What if » Elle est un brainstorming. On pose une question sur un certain nombre de situation ou d'événements possibles et on examine ce qui peut se passer si la situation ou l'événement en question devait se produire.	**Méthode « HAZOP »** C'est le « Hazard and Operability Study », également appelée l'analyse des perturbations. Elle est appliquée dans l'industrie de transformation.	**Méthode « FMEA »** C'est le « Failure Mode and Effect Analysis ». Elle est appropriée pour une installation de transformation ou pour des installations commandées automatiquement.	**Méthode «Ishikawa»** La méthode de l'arête de poison décrite comme une méthode visant à ordonner des suggestions émises lors d'un brainstorming	**Safety audit** C'est un contrôle du management sur le plan de la sécurité. Un audit est effectué par un ou plusieurs experts (auditors) qui, le plus souvent, suivent une liste de question prioritaire.

Méthodes axées sur le rôle des travailleurs appliquées dans les situations de travail où des risques peuvent apparaître du fait d'erreurs lors d'interventions humaines.	
Méthode de l'analyse des tâches vise des opérateur ou un groupe de personnes devant effectuer une tâche déterminer, elle-même subdivisée en sous-tâches.	**Méthode « Human reliability analysis » (HRA)** C'est une évaluation systématique de facteurs qui influencent les prestations des opérateurs, du personnel d'entretien, des cadres. Elle identifie des situations entraînant des erreurs et des accidents.

Méthodes combinant le rôle joué par les travailleurs et par les machines :
« La liste de contrôle »

Une des méthodes les plus utilisées pour détecter le risque consiste à utiliser une liste de contrôle. Une liste de contrôle peut se définir comme un recueil de points importants qui doivent être examinés les uns après les autre et pour lesquels sont les dangers.

Méthodes utilisées après un accident ou pour un scénario d'accident consistent à examiner quelles pourraient être ou quelles étaient les causes d'un accident.	
Arbre des fautes **(Fault tree analysis)** C'est une méthode déductive. On part d'un accident ou d'un événement majeur et on examine quelles peuvent être les causes de cet événement majeur.	**Analyse « MORT »** **(Management Oversight and Risk Tree)** C'est une méthode qui a été développée aux Etats Unis d'Amérique. Elle est un arbre de fautes élaboré anticipativement.

I.2.2. LES METHODES DE CLASSIFICATION ET DE HIERARCHISATION

Lorsqu'une analyse des risques est effectuée et qu'elle est faite convenablement, elle débouche sur une série de recommandations, à savoir une liste de mesures devant être appliquées pour éliminer ou limiter les risques. Se pose alors la question : par quoi commencer ? Il est logique que l'on s'attaque aux plus gros risques [19,23].

Il existe différentes méthodes pour savoir comment classer les risques selon leur degré de gravité : ***Méthodes de ranking***. La pluspart des méthodes sont des méthodes quantitatives et comparatives qui essayent d'exprimer le risque en chiffres (scores) [19,27].

Les Méthodes de ranking ne sont donc pas des méthodes destinées à détecter des risques, elles sont un moyen pour mettre au point une stratégie et de fixer des priorités (Tableau 5).

Tableau 5 : Les Méthodes de ranking [19]

Methode « Kinney »	Dow firme and Explosion Index	« Chemical Exposure Index (CEI) »	« Preliminary Hazard Analysis (PHA) »
- Couramment utilisée, appelée au non de son auteur. - Le risque est le produit de 3 facteurs: **P**robabilité, **E**xposition et **C**onséquences.	- méthode beaucoup utilisée dans l'industrie transformatrice. - donne une idée du risque d'incendie et d'exposition	Utilisée pour classer des risques aigus pour la santé lors du dégagement de substances chimiques	- développée par l'armée américaine. - axée sur des produits dangereux et certains paramètres d'une installation.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. CARACTERISATION DES SITES DE L'ETUDE

II.1.1. DEFINITIONS DES ENTREPRISES

Les Entreprises de fabrication des colles et des chaussures ont été réparties en trois classes : industrielle, semi-industrielle ou artisanale (Tableau 6), en fonction de trois critères dont *un essentiel* « le procédé de fabrication » et *deux secondaires* « le nombre de salariés et le lieu d'installation » :

- ***le procédé de fabrication :*** on prend en considération l'utilisation de machine de façon totale ou partielle et/ou l'activité manuelle ;
- ***le nombre de salariés :*** trois intervalles ont été individualisés, inférieur à 10 salariés, entre 10 et 20 salariés et supérieur à 20 salariés.
- ***le lieu d'installation de l'entreprise :*** dans une zone industrielle (Z.I.) ou dans la médina (vieille ville). L'architecture et la disposition des ateliers ont été prises en considération.

Tableau 6 : Définitions des entreprises

Procédé	Industriel	Semi-Industriel	Artisanal
Matériel utilisé	Mécanisation *(chaîne de travail)*	Mécanisation et manuel	Manuel
Nombre de Salariés	> 20	[10 à 20[	< 10
Lieu d'installation	Z. I.	Z. I. ou Médina	Médina

II.1.2. LOCALISATIONS DES ENTREPRISES

Durant le premier semestre de l'année 2005 et afin de repérer les entreprises de fabrication de colles et chaussures, nous avons fait appel aux listes fournies par la Chambre Régionale du Commerce, de l'Industrie et de l'Artisanat (CRCIA) et par le Centre Régional des Cuirs et Chaussures (CRCC) à Sfax. Ces listes non exhaustives ont été complétées par la recherche d'autres entreprises concernées par un porte à porte dans les 4 zones industrielles de Sfax et dans la médina.

Un premier passage dans les entreprises a été réalisé en étant muni d'un courrier (Annexe A1.0) expliquant aux chefs d'entreprises les objectifs de l'étude et les retombés sur la santé des salariés dans le secteur de la fabrication de la colle et de la chaussure afin d'obtenir leur participation.

II.2. CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

II.2.1. CRITERES D'INCLUSION

Les entreprises sélectionnées dans cette enquête de repérage ont été :

- des volontaires à participer à l'enquête ;
- des fabricants des colles « solvantées » ou des chaussures en cuir et ses dérivés.

II.2.2. CRITERES D'EXCLUSION

Les entreprises exclues de cette enquête ont été :

- Les entreprises productrices des chaussures injectées et des semelles ;
- Les fabricants des colles non solvantées.

II.3. L'EVALUATION DU RISQUE CHIMIQUE (ERC)

L'objectif de cette ERC, dans les entreprises de colles et de chaussures, est de valider l'hypothèse du gradient du risque chimique décroissant des entreprises artisanales aux entreprises industrielles en passant par les semi-industrielles.

II.3.1. REPERAGE DES ENTREPRISES

La collecte des informations au niveau des entreprises a été faite à l'aide d'un questionnaire (Annexe A.1.1) pour répondre à quatre objectifs :

- ***Préciser le procédé de fabrication*** : industriel, semi-industriel ou artisanal ;
- ***Identifier l'ensemble des substances manipulées*** dans l'entreprise afin d'obtenir un inventaire qualitatif et quantitatif le plus complet ;
- ***Définir les différents types de populations concernées*** en fonction de leurs activités et l'exposition aux solvants et/ou aux colles ;
- ***Décrire l'ambiance générale de travail et la qualité de la ventilation*** dans chacune des entreprises.

II.3.2. CLASSIFICATION DES PREPARATIONS

Les préparations utilisées dans la fabrication de colles et/ou de chaussures ont été classées selon 2 groupes (Tableau 7) :

- ***les solvants*** en fonction de leurs familles chimiques d'appartenance;
- ***les colles*** en fonction du polymère de base.

II.3.3. METHODOLOGIE SIMPLIFIEE D'ERC DE L'INRS [26,27]

La protection des salariés repose avant tout sur l'évaluation des risques et la mise en place d'une politique de prévention adaptée. En ce qui concerne le risque chimique (RC), la démarche d'évaluation est souvent difficile du fait de la multiplicité des produits et des préparations utilisées, et de la méconnaissance de leurs dangers [20]. De plus, l'appréhension du RC est encore plus difficile dans les établissements de petites tailles dans l'activité nécessite l'emploi de produits chimiques, sans qu'il soit pour autant inscrits dans les métiers de la chimie [21].

La méthodologie simplifiée d'ERC de l'INRS est applicable pour les domaines de la santé, de la sécurité et de l'environnement. Seul ***le volet « Santé »*** a été précisé dans notre étude.

Tableau 7 : Classes des préparations de Solvants et de colles

7.A : Classes des préparations « Solvants »

Groupe « S_N »	Famille	Pictogramme
S_I	Cétones	[Xi-Irritant]
S_{II}	Acétates *(Esters)*	[Aucun]
S_{III}	Hydrocarbures aromatiques	[Xn-Nocif]
S_{IV}	Solvants pétroliers	[Xn-Nocif]
S_V	Alcools	[Xn-Nocif]
S_{VI}	Hydrocarbures halogénés	[T-Toxique]
S_{VII}	Mélange de solvants (MS) et/ou Non défini (ND)	[T-Toxique] ou [Xn-Nocif]

7.B : Classes des préparations « Colles »

Groupe « C_N »	Famille	Pictogramme
C_I	Polyuréthane	[Xi-Irritant]
C_{II}	Polychlorpropène	[Xn-Nocif]
C_{III}	Emulsion aqueuse	[Aucun]
C_{IV}	Non défini	[Xn-Nocif]

Elle comprend les 3 étapes suivantes :

- ***Inventaire des*** **produits et matériaux** utilisés dans l'établissement, dans un atelier ou à un poste. Les données collectées lors de cette étape sont les suivantes :
  - ✓ référence ou nom du produit ;
  - ✓ quantité utilisée (année, mois passés …) ;
  - ✓ fréquence d'utilisation ;
  - ✓ zone de travail où est utilisé le produit ;
  - ✓ informations sur les dangers issus de l'étiquetage (pictogrammes, …) ;
  - ✓ informations issues de la fiche de données et de sécurité « FDS » (dangers, propriétés physico-chimiques).
- ***Hiérarchisation des risques potentiels (HRP) :*** La hiérarchisation des produits identifiés lors de l'inventaire s'effectue selon la méthode HRP [26,27] : pour le volet « santé » on tient compte des dangers et de l'exposition potentielle. La combinaison des valeurs des classes de chaque paramètre permet de calculer un score de risque potentiel.
- ***Evaluation des risques :*** Cette étape consiste à évaluer de manière simplifiée les risques réels. Les informations nécessaires à collecter en plus sont les conditions de mise en œuvre des différents agents chimiques. Ensuite un score est calculé pour chaque couple (agent chimique, tâche).

II.3.3.1. CLASSES DE DANGER

La classe de danger a été déterminée uniquement sur l'étiquetage. L'attribution d'une classe de danger à une préparation repose sur l'analyse du pictogramme (Tableau 8).

Pour les préparations de colles ou de solvants « ***non identifiées*** » (aucune information sur la composition, l'entreprise de fabrication, …) où uniquement leurs utilisations (colles ou solvants) ont été fournies par les entreprises ; afin de préserver la santé du salarié, il a été décidé que "le pictogramme retenu serait celui qui représente le plus de risque sur la santé par rapport à son groupe d'appartenance lui sera attribué et par conséquent la classe de danger correspondante" (Tableau 8) :

- **Colle non identifiée :**

  La colle la plus dangereuse à un pictogramme « Xn-Nocif » [6,9] pour la santé et la classe de danger atribuée est « 3 ».

  ➔ donc nous avons à attribuer à toute colle non identifée le pictogramme « Xn-Nocif » et la classe « 3 ».

- **Solvant** ***(Solvants, Diluants et Décapants)*** **non identifié :**

  Deux hypothèses de « classe de danger » ont été individualisées [9,10,25] :

  ➔ Soit le pictogramme « T-Toxique » et la classe « 4 », le niveau le plus haut existant;

  ➔ Soit le pictogramme « Xn-Nocif » et la classe « 3 », plus réaliste, pour la majorité des solvants.

Tableau 8 : Classes de danger en fonction de l'étiquetage [10,26]

Classe de danger		1	2	3	4	4 ou 3
Pictogramme		Aucun	X-Irritant	Xn-Nocif	T-Toxique	Non Identifié
Produit non identifié	Non Identifié Colle			Xn-Nocif		
	Non Identifié Solvant			Xn-Nocif	T-Toxique	

II.3.3.2. CLASSES DE QUANTITE

La détermination des classes de quantité s'est effectuée, sur la base du référentiel temporel utilisé, en prenant la quantité consommée (Qi) de l'agent chimique considéré rapportée à la quantité de l'agent le plus consommé (Qmax) (Tableau 9). Ces classes ont été calculées pour la totalité de chaque entreprise.

Tableau 9 : Calcul des classes de quantité [26]

Classe de quantité	1	2	3	4	5
Qi /QMax	< 1 %	[1 à 5 %[	[5 à 12 %[	[12 à 33%[	ou ≥ 33%

II.3.3.3. CLASSES DE FREQUENCE D'UTILISATION

Pour déterminer les classes de fréquence d'utilisation, le référentiel temporel a été appliqué : journalier, hebdomadaire, mensuel et annuel (Tableau 10).

Tableau 10 : Détermination des classes de fréquence d'utilisation

Classe de fréquence d'utilisation	0	1	2	3	4
Utilisation	**Produit n'est plus utilisé**	**Occasionnelle**	**Intermittente**	**Fréquente**	**Permanente**
Jour	/	< 30 mn	30 - 120 mn	2 - 6 heures	> 6 heures
Semaine	/	< 2 heures	2 - 6 heures	1 - 3 jours	> 3 jours
Mois	/	< 1 jours	1 - 6 jours	6 - 15 jours	> 15 jours
Année	/	< 15 jours	15 jours-2 mois	2 - 5 mois	> 5 mois

II.3.3.4. CLASSES D'EXPOSITION POTENTIELLE

Pour un agent chimique, l'exposition potentielle résulte de la combinaison des classes de quantité et de fréquence d'utilisation (Tableau 11).

Tableau 11 : Détermination des classes d'exposition potentielle

Classe de quantité						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**Classe de fréquence**

II.3.3.5. DETERMINATION DU SCORE DE RISQUE POTENTIEL

Le risque potentiel résulte de la combinaison des classes de danger et de l'exposition potentielle. Il traduit la probabilité d'observer un risque, compte tenu des conditions générales d'utilisation (quantité, fréquence) d'un agent chimique dangereux. La priorité de prise en compte d'un produit est déterminée à partir de la grille (Tableau 12).

Tableau 12 : Détermination du risque potentiel (Score HRP)

Classe d'exposition potentielle						
5	**100**	**1000**	**10 000**	**100 000**	**1 000 000**	
4	**30**	**300**	**3000**	**30 000**	**300 000**	
3	**10**	**100**	**1000**	**10 000**	**100 000**	
2	**3**	**30**	**300**	**3000**	**30 000**	
1	**1**	**10**	**100**	**1000**	**10 000**	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**Classe de danger**

Score HRP / produit	Priorité
> 10 000	**Forte**
100 – 10000	**Moyenne**
< 100	**Faible**

II.3.3.6. Modélisation complémentaire en vue de hiérarchiser les entreprises [27]

Afin de hiérarchiser les entreprises, un modèle des scores de risques potentiels additionnables a été élaboré. Le risque potentiel a été modélisé sous la forme d'un score résultant du produit d'une fonction caractérisant le danger et d'une fonction caractérisant l'exposition potentielle. Les paramètres du modèle sont :

- ➔ les classes de **danger** (noté **D**)
- ➔ les classes d'**exposition potentielle** (notée **E**).

● ***Le danger est*** *caractérisé par la fonction* **: F(D) = 10 (D-1)**

Elle a été obtenue à partir de l'examen des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) de diverses substances qui montre que celles classées en danger 1 ont des VLEP de plusieurs centaines de $mg.m^{-3}$ alors que celles classées en danger 5 ont des VLEP de quelques $\mu g.m^{-3}$, soit une variation de l'ordre de 10^5.

● ***L'exposition potentielle*** *est caractérisée par la fonction* : **G(E) = 3,16 (E-1)**

Pour la composante exposition potentielle, la modélisation a été effectuée par la recherche d'une fonction simple qui, combinée avec la fonction danger, permet de retrouver le classement figurant dans le tableau 13.

Tableau 13 : Détermination des classes de priorité en fonction du Danger, de l'exposition potentielle et de la priorité

Classe d'exposition potentielle						
5	17	12	7	2	1	
4	20	15	11	5	3	
3	23	19	13	9	4	
2	24	21	16	10	6	
1	25	22	18	14	8	
	1	2	3	4	5	Classe de danger

Le score de chaque produit est alors calculé à l'aide de la fonction :

Score produit = 10 (D-1) x 3.16 (E-1)

Avec ce score, il est maintenant possible de cumuler les risques potentiels liés à plusieurs produits utilisés dans une même entreprise.

III. RESULTATS

III.1. DESCRIPTIF DES ENTREPRISES

III.1.1. DESCRIPTION DE LA POPULATION DE L'ETUDE

Dans un premier temps, et en fonction des informations disponibles dans les listes fournies (Numéro de téléphone, adresse, effectifs, …) et le porte à porte nous avons pu repérer 7 entreprises de fabrication de colles (le nombre total existant à Sfax) et 103 entreprises de fabrication de chaussures qui avaient donné leur accord de principe de participer à notre étude (Tableau 14.A).

Tableau 14.A : Population d'étude théorique « Echantillon Prévu »

Fabrication de colles				
	Industrielle	*Semi-Industrielle*	*Artisanale*	**Total**
Entreprises	4	3	0	**7**
Salariés	102	10	/	**112**
Fabrication de chaussures				
	Industrielle	*Semi-Industrielle*	*Artisanale*	**Total**
Entreprises	26	15	62	**103**
Salariés	816	140	282	**1238**

Dans un deuxième temps, et lors de la validation du questionnaire (Annexe A1.1), il y a eu un certain désistement avec une participation de 4 entreprises de colles et 92 de chaussures (Tableau 14.B).

Tableau 14.B : Population d'étude réelle « Echantillon retenu »

Fabrication de colles								
	Industrielle		*Semi-Industrielle*		*Artisanale*		**Total**	
	N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
Entreprises	2	50,0	2	66,7	/		**4**	**57,1**
Salariés	86	84,3	13	130	/		**99**	**88,4**
Fabrication de chaussures								
	Industrielle		*Semi-Industrielle*		*Artisanale*		**Total**	
	N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
Entreprises	26	100	6	40,0	60	96,8	**92**	**89,3**
Salariés	751	92,0	48	34,3	350	124,1	**1149**	**92,8**

III.1.2. SALARIES EXPOSES AUX SOLVANTS ET/OU AUX COLLES (C-S)

III.1.2.1. POPULATION ACTUELLEMENT EXPOSEE AUX C-S

Le taux global des exposés aux C-S est de 65,6% dans le secteur de fabrication de colles et de 84,5% dans le secteur de fabrication de chaussures. Les manipulateurs (utilisateurs) avaient des taux qui varient de 52,5% à 100% et de 42,1% à 88,8% respectivement dans la fabrication de colles et de chaussures selon le procédé utilisé (Tableau 15).

Tableau 15 : Population exposée aux C-S

Entreprises	Salariés	Total		Exposés au S-C		Manipulateurs *(Utilisateurs)*		Non manipulateurs *(Exposition d'ambiance)*	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Colles	Industrielles	86	86,9	59	68,6	31	52,5	28	47,5
	Semi-Industrielles	13	13,1	6	46,2	6	100,0	0	0,0
	Total	**99**	**100**	**65**	**65,6**	**37**	**56,9**	**28**	**43,1**
Chaussures	Industrielles	751	65,4	603	80,3	254	42,1	349	57,9
	Semi-Industrielles	48	4,2	37	77,1	23	62,2	14	37,8
	Artisanales	350	30,4	331	94,6	294	88,8	37	11,2
	Total	**1149**	**100**	**971**	**84,5**	**571**	**58,8**	**400**	**41,2**

III.1.2.2. POPULATION MANIPULATRICE DE C-S ET DUREE CUMULEE D'EXPOSITION

Quel que soit le procédé de fabrication, le taux des manipulateurs de C-S a été croissant chez les fabricants de colle et décroissant chez les fabricants de chaussures en fonction de la durée cumulée d'exposition (Tableau 16).

Tableau 16 : Répartition des salariés manipulateurs de C-S en fonction de la durée cumulée d'exposition

Durée cumulée d'exposition	16.A. Entreprises de colles						16.B. Entreprises de chaussures							
	Ind[1]		*S-Ind*[2]		*Total*		*Ind*		*S-Ind*		*Art*[3]		*Total*	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
< 5 ans	5	16,2	2	33,3	7	18,9	143	56,3	14	60,9	101	34,4	258	45,2
[5-10[	3	9,7	2	33,3	5	13,5	64	25,2	6	26,1	74	25,2	144	25,2
[10-15[	8	21,6	2	33,3	10	27,0	11	4,3	3	13,0	67	22,8	81	14,2
> 15 ans	15	48,4	0	0,0	15	40,6	36	14,2	0	0,0	52	17,7	88	15,4
Total	**31**	**52,5**	**6**	**100,0**	**37**	**56,9**	**254**	**42,1**	**23**	**62,2**	**294**	**88,8**	**571**	**58,8**

(1) Ind : Industrielles (2) S-Ind : Semi-industrielles (3) Art : Artisanales

III.1.3. ACTIVITES EXPOSANTES AUX SOLVANTS ET/OU AUX COLLES

III.1.3.1 GROUPES DE COLLES ET/OU SOLVANTS ET QUANTITES ANNUELLES CONSOMMEES

Dans le secteur de l'industrie de la colles, des tonnes de solvants ont été consommées. Les quantités annuelles utilisées ont été 10 à 20 fois plus dans les entreprises industrielles que les semi-industrielles avec une quantité relativement faible de trichloroéthylène et de perchloroéthylène soit une moyenne de 2000 kg/an (Tableau 17.A).

Dans le secteur de l'industrie de la chaussure, les groupes des cétones, des solvants halogénés, des durcisseurs, des diluants et les colles polyuréthanes et néoprènes ont été les plus manipulés (Tableau 17.B).

Tableau 17 : Les quantités annuelles de C-S consommés

		17.A. Entreprises de colles		17.B. Entreprises de chaussures		
		Quantités annuelles (kg) Moyenne [Min-Max]		Quantités annuelles (kg) Moyenne [Min-Max]		
		Industrielles	Semi-Industrielles	Industrielles	Semi-Industrielles	Artisanale
Classe de solvant[1]	S1	107500 [30000-200000]	1833,3 [500-2500]	588,2 [50-3600]	50,0	196,2 [20-800]
	S2	32000	/	1258,3 [50-6000]	450 [300-600]	86,9 [6-120]
	S3	50000 [20000-100000]	5000	200 [50-1600]	250	100 [20-800]
	S4	71000 [45000-120000]	7000	/	/	/
	S5	/	/	210 [60-360]	/	/
	S6	2000 [1000-3000]	/	2072 [60-6000]	/	/
	S7	/	9000	790,6 [50-5000]	25	256,9 [20-1000]
Classe de Colle[1]	C1			1379,3 [1200-11000]	186,7 [50-6000]	1507,5 [150-6000]
	C2			1814,7 [1000-9000]	365 [120-800]	1545,7 [25-6000]
	C3			406,7 [20-720]	/	2160 [240-6000]
	C4			/	800	2283 [250-6000]

(1) Voir tableau 7

III.1.3.2. Moyens de Protection Individuelle et Manipulateurs de C-S

Si la disponibilité des moyens de protection individuelle dans les entreprises de colles est de 3 sur 4 (2 industrielles et 1 semi-industrielle), les fréquences de leurs utilisations par les manipulateurs de C-S sont très variables voir absentes : cas des gants et des masques dans l'entreprise semi-industrielle (Tableau 18.A).

La proposition des EPI par les entreprises de fabrication de chaussures aux salariés est insuffisante quelque soit le procédé industriel, particulièrement celui de l'artisanal : avec une fréquence d'utilisation de la part des manipulateurs de C-S allant de 10 à 100% pour tout EPI confondu (Tableau 18.B).

Tableau 18 : Fréquences d'utilisation des moyens de protections individuelles

EPI[1]	18.A. Entreprises de colles				18.B. Entreprises de chaussures								
	Ind		*S-Ind*		*Ind*			*S-Ind*			*Art*		
	N[2]	[% Manip[3]]	N	[% Manip]	N	%	[% Manip]	N	%	[% Manip]	N	%	[% Manip]
Vêtements	2	7 à 100	1	60	20	76,9	10 à 100	5	83,3	10 à 100	9	15,0	10 à 100
Gants	2	3 à 10	1	Aucun	10	48,5	15 à 100	5	83,3	5 à 100	2	3,3	10 à 30
Masques	2	7 à 10	1	Aucun	7	26,9	10 à 100	2	33,3	5 à 100	1	1,7	60
Total	**2**		**2**		**26**			**6**			**60**		

(1) EPI : Equipements de protection individuelle
(2) N : Nombre d'entreprise proposant des EPI
(3) Manip : Manipulateurs

III.1.4. DESCRIPTION DES LIEUX DE REALISATION DES TRAVAUX

III.1.4.1. LES SUPERFICIES DES ATELIERS

Si les surfaces sont relativement importantes dans les entreprises à procédé industriel avec une moyenne de 2275 m² et 1175 m² respectivement dans les entreprises de colles et de chaussures ; la moyenne des superficies dans les entreprises de chaussures à procédé artisanal est de 86 m² dont 26 entreprises ont des surfaces comprises entre25 et 50 m² ; et 22 entreprises ont des surfaces de moins de 25 m² (Tableau 19).

Tableau 19 : Superficies des ateliers selon les procédés de fabrication

	Procédé	Industriel	Semi-Industriel	Artisanal
	Surface (m²)	Moyenne [Min - Max]	Moyenne [Min - Max]	Moyenne [Min - Max]
Entreprises	**colles**	2275 [500 - 4000]	225 [50 - 400]	/
	chaussures	1175 [350 - 2000]	89 [18 - 200]	86 [8 - 100]

III.1.4.2. AMBIANCE GENERALE DES LOCAUX

Si la totalité des entreprises de colles sont installées dans les zones industrielles (en dehors des habitations), certaines entreprises de chaussures sont dans les zones d'habitation et particulièrement celles à procédé artisanal avec 96,7% (Tableau 20).

Tableau 20 : Ambiance générale des locaux

	20.A. Entreprises de colles		20.B. Entreprises de Chaussures					
	Industrielle	*Semi-Industrielle*	*Industrielle*		*Semi-Industrielle*		*Artisanale*	
	N	N	N	%	N	%	N	%
Situation dans des habitations	0	0	5	19,2	5	83,3	58	96,7
Nouvelles constructions	1	2	13	50,0	1	16,7	2	3,3
Bon entretien des locaux	1	2	15	57,7	4	66,7	6	10,0
Vestiaire et cantine	1	1	16	61,5	4	66,7	7	11,7
Total	**2**	**2**	**26**		**6**		**60**	

III.1.4.3. VENTILATION DES LOCAUX

L'aération naturelle reste le principal moyen de ventilation des locaux dans les 2 secteurs (colles et chaussures) quelque soit le procédé de fabrication. Certaines particularités ont été notées dans les entreprises de chaussures à procédé semi-industriel et artisanal : 23 entreprises *de chaussures artisanales* (soit 38,3%) travaillaient les portes ouvertes et n'ont pas de fenêtres et 35 (soit 58,3%) avaient les portes fermées et les fenêtres ouvertes ; alors que la totalités *des entreprises semi-industrielles* travaillaient les portes fermées et les fenêtres ouvertes (Tableau 21).

Tableau 21 : Ventilation des locaux

	21.A. Entreprises de colles		**21.B.** Entreprises de Chaussures					
	Industrielles	*Semi-Industrielles*	*Industrielles*		*Semi-Industrielles*		*Artisanales*	
	N	N	N	%	N	%	N	%
Aération naturelle *(Portes et/ou fenêtres)*	2	2	26	100	6	100*	« C »	
Extraction d'air	1	1	18	69,2	2	33,3	9	15,0
Extraction à la source	1	0	10	38,5	0	0	1	1,7
Total	**2**	**2**	**26**		**6**		**60**	

(C) *Artisanales* :

	N	%
Portes ouvertes et absence de fenêtres	23	38,3
Portes fermées et fenêtres ouvertes	35	58,3

(*) : Portes fermées et fenêtres ouvertes

III.2. LA COMPOSITION D'UNE « COLLE SOLVANTÉE »

D'après notre partenaire dans l'étude, la société industrielle de fabrication de colles « SIFCOL », nous avons pu avoir les différentes composantes d'une colle solvantée qui sont en nombre de quatre (Tableau 22).

Tableau 22 : La composition d'une « COLLE SOLVANTÉE » (selon SIFCOL)

Familles	Sous familles	Produits et Compositions
POLYMERES DE BASE	Polyuréthane Polychloroprène Caoutchouc Naturel	Secret professionnel
SOLVANTS	Acétate d'éthyle Acétate de butyle Acétone Cyclohexane Cyclohexanone Hexane MEC Perchloroéthylène Toluène Trichloroethylène	
RESINES TACKIFIANTES	Phénolique Terpène–Phénolique Hydrocarbonée Rosin – ester Résine de pétrole	
ADDITIFS	Oxyde de Zinc Oxyde de magnésium Hydrocarbonés Antioxydants Epaississants	

III.3. EVALUATION DU RISQUE (ER)

III.3.1. CLASSEMENT DES PREPARATIONS UTILISEES DANS LA FABRICATION DE COLLES ET DE CHAUSSURES

Afin d'avoir une idée sur les préparations et les produits manipulés dans l'industrie des colles et des chaussures nous avons adopté la classification des solvants pour les composés solvantés et celle des polymères de bases pour les colles [Tableau 23].

Tableau 23 : Classification des produits utilisés dans la fabrication de chaussures en groupe des solvants et des colles dans la ville de Sfax

	Groupes de Famille	Les produits *(Composition)*
Les Solvants (S)	**S_I : Cétones** **[Xi-Irritant]**	- Acétone *(propanone)*, - Méthylétylcétone (butanone, MEK, MEC), - Asouplex *idem* [Supersouple, Souplesse] *(MEC + Acétone)* [Xn-Nocif] - ***Décapant**** *(2% Chlor. Méthylène dans MEC)*
	S_{II} : Acétates (Esters) **[Aucun]**	- Acétate de n-butyle, - Acétate d'éthyle (AE), [Xi-Irritant] - ***Produit d'Halogénation**** *(98% AE)*, - ***Desmodur idem Durcisseur**** *(5% TDI dans AE)*
	S_{III} : Hydrocarbures aromatiques **[Xn-Nocif]**	- Toluène, - Diluant *(100% Toluène:)*
	S_{IV} : Solvants pétroliers **[Xn-Nocif]**	- n-Hexane, - Cyclohexane
	S_V : Alcools **[Xn-Nocif]**	- Alcool isopropylique, - PA *idem* [IPA] *(alcool isopropylique)*
	S_{VI} : Hydrocarbures halogénés **[T-Toxique]**	- Trichloroéthylène, - Perchloroéthylène (tétrachloroéthylène), - Chlorure de méthylène (dichlorométhane)
	S_{VII} : Mélange de solvants (MS) et/ou Non défini (ND) **[T-Toxique]** ou **[Xn-Nocif]**	- Tucosolve [*Décapant*] *(MEC + AE + Cyclohexane)*, - Encre spéciale (ND, MS), - BidonPlaste (ND, MS), - Elaste (ND, MS), - Solvant(s) non défini(s) (ND, MS).
Les Colles (C)	**C_I : Polyuréthane (PU)** **[Xi-Irritant]**	- D1 - Forestali/ICF - CD11 - UF43 - PU - Polyuréthane - Tucoplaste - D4 - Plastipole
	C_{II} : Polychloropropène **[Xn-Nocif]**	- 110/Colle Textile - CN13 - 420 - Colle Jaune - 425/S - C3 - C4 - 715 – 945 - Colle Néoprène [Aucun] - Calorex
	C_{III} : En émulsion aqueuse **[Aucun]**	- Colle latex - Colle blanche - Colle Vinylique (R10)
	C_{IV} : Non défini **[Xn-Nocif]**	- Colle Géant - Colle sans précision

* : Préparation classée selon le composé le plus prépondérant et pictogramme marqué sur le contenant

III.3.2. INVENTAIRE DES PRODUITS ET CLASSE DE DANGER

III.3.2.1. DANS L'INDUSTRIE DE COLLES

Dix préparations solvantées ont été inventoriées lors de l'identification dans l'industrie de colles quelque soit le procédé utilisé avec des classes de danger qui varie de 1 pour les acétates à 4 pour le trichloroéthylène (Tableau 24).

Tableau 24 : Inventaire des « SOLVANTS » utilisés dans l'industrie des colles et Classe de DANGER

Solvant	Substance chimique	Nature	Groupe	Pictogramme	Classe de DANGER
ACETATE BUTYLE	Acétate de n-Butyle	Acétates	S2	Aucun	**1**
ACETATE ETHYLE	Acétate d'éthyle	Acétates	S2	Aucun	**1**
ACETONE	Acétone	Cétones	S1	Xi - Irritant	**2**
CHLORURE METHYLENE	Chlorure de méthylène	Hydrocarbures halogénés	S6	Xn - Nocif	**3**
CYCLOHEXANE	Cyclohexane	Solvants pétroliers	S4	Xn - Nocif	**3**
HEXANE	n-Hexane	Solvants pétroliers	S4	Xn - Nocif	**3**
MEK ou MEC	Méthyléthylcétone	Cétones	S1	Xi - Irritant	**2**
PERCHLOROETHYLENE	Perchloroéthylène	Hydrocarbures halogénés	S3	Xn - Nocif	**3**
TOLUENE	Toluène	Hydrocarbures aromatiques	S3	Xn - Nocif	**3**
TRICHLOROETHYLENE	Trichloroéthylène	Hydrocarbures halogénés	S6	T - Toxique	**4**

III.3.2.2. DANS L'INDUSTRIE DE CHAUSSURES

Dans l'industrie de chaussures quel que soit le procédé de fabrication, l'inventaire des préparations solvantées a mis en évidence des classes de danger « 2 » ou « 3 », quand aux préparations non identifiées, elles ont été classées « 3 » ou « 4 » (Tableau 25.A). Pour les 23 préparations de colles identifiées, les classes de danger varient de « 1 » à « 3 » (Tableau 25.B).

Tableau 25.A : Inventaire des préparations de « SOLVANT » utilisées dans l'industrie des chaussures et Classe de DANGER

Solvant	Correction	Substance chimique	Utilisation	Nature	Groupe	Pictogramme	Classe de DANGER
ACETONE		Acétone		Cétones	S1	Xi - Irritant	**2**
ALCOOL	Alcool d'isopropyle (IPA)	Alcool d'isopropyle	solvant de peinture	Alcool	S5	Xn - Nocif	**3**
ASOUPLEX	Décapant	MEK + Acétone*	assouplir du "calorex contre fort"	Cétones	S1	Xi - Irritant	**2**
BIDONPLASTE	**NON IDENTIFIE**	**Mélange de solvants**			**S7**	**Xn – Nocif** ou **T - Toxique**	**3** ou **4**
DECAPANT		Chlorure de méthylène (2%) dans MEC	lavage, préparation semelle (PU, PVC)		S6	Xn - Nocif	**3**
DESMODUR	DESMODUR RC	TDI (5%) ds Acétate d'éthyle*	diluant de colle PU		S2	Xi - Irritant	**2**
DURCISSEUR	idem DESMODUR RC				S2	Xi - Irritant	**2**
DILUANT	Mélange de solvants	Toluène (100%)*	diluant de colle néoprène	Hydrocarbures Aromatiques	S3	Xn - Nocif	**3**
ELASTE	**NON IDENTIFIE**	**Mélange de solvants**			**S7**	**Xn – Nocif** ou **T - Toxique**	**3** ou **4**
ENCRE SPECIALE	**NON IDENTIFIE**	**Mélange de solvants**			**S7**	**Xn – Nocif** ou **T - Toxique**	**3** ou **4**
PA	IPA			Alcool	S5	Xi - Irritant	**2**
PRODUIT HALOGENATION		98% Acétate d'éthyle	préparation surface semelle	Acétates	S2	Xi - Irritant	**2**
SOLVANT NON DEFINI	**NON IDENTIFIE**				**S7**	**Xn – Nocif** ou **T - Toxique**	**3** ou **4**
SOUPLESSE	idem ASOUPLEX			Cétones	S1	Xi - Irritant	**2**
SUPERSOUPLE	idem ASOUPLEX			Cétones	S1	Xi - Irritant	**2**
TUCOSOLVE	Décapant	MEK, AE, Cyclohexane*			**S7**	Xn - Nocif	**3**

* : d'après SIFCOL

Tableau 25.B : Inventaire des préparations de « COLLE » utilisées dans l'industrie des chaussures et Classe de DANGER

Colle	Correction	Substances chimiques	Utilisation	Nature	Groupe	Pictogramme	Classe de DANGER
110/COLLE TEXTILE	Caoutchouc 110F*	Caoutchouc naturel, hexane, résine de pétrole	collage provisoire du cuir ou définitif sur tissu (Procédé artisanal)	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
420	Ceylanprène 420*	Polycholoroprène, Cyclohexane, hexane, MEK, Resine (phénolique, terpène phénolique), Toluène	collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
425S	Ceylanprène 425*	Polycholoroprène, Cyclohexane, hexane, MEK, Resine (phénolique, terpène phénolique), Toluène	collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
715			collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
945			collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
C3			collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
C4			collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
CALOREX	Calorex*	Polycholoroprène, Cyclohexane, hexane, MEK, Resine (phénolique, terpène phénolique) sur un ruban	tissu en polyester enduit avec un adhésif	Polychloroprène	C2	Aucun	**1**
CD11			collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
CN13			collage du cuir	Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
COLLE BLANCHE	Colle "Latex"*	Caoutchouc naturel ou Synthétique en phase aqueuse	pour collage de talon en bois	Emulsion aqueuse	C3	Aucun	**1**
COLLE GEANT	**NON IDENTIFIE**				**C4**	**Xn - Nocif**	**3**
COLLE JAUNE	Colle Néoprène			Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
COLLE NEOPRENE	Colle Néoprène			Polychloroprène	C2	Xn - Nocif	**3**
COLLE SANS PRECISON	**NON IDENTIFIE**				**C4**	**Xn - Nocif**	**3**
COLLE VINYLIQUE	Ex : R10*	Polymère d'acétate de vinyle, Polymère acrylique, eau	fabrication de la chaussure	Emulsion aqueuse	C3	Aucun	**1**
D1			collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
FORESTALI/ICF			collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
PLASTIPOLE	Colle Polyuréthane		collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
POLYURETHANE	Colle Polyuréthane		collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
PU	Colle Polyuréthane		collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
TUCOPLAST	Colle Polyuréthane		collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**
UF43	Plestiprene UF43*	Polyuréthane, Acétate d'éthyle, Acétone, MEK, Toluène	collage des semelles	Polyuréthane	C1	Xi - Irritant	**2**

* : Préparation de SIFCOL

III.3.3. HIERARCHISATION DU RISQUE POTENTIEL

Pour chaque agent chimique, une classe de danger est attribuée en fonction du pictogramme, puis la classe d'exposition potentielle est déterminée en fonction des paramètres « quantité et fréquence d'utilisation ».

Dans les résultats qui suivent, chaque produit chimique est représenté par la classe et le score le plus élevé rapporté dans les entreprises de même procédé de fabrication.

III.3.3.1. DANS L'INDUSTRIE DE COLLES

Nous nous sommes limités à étudier l'exposition aux solvants (produits le plus largement manipulés entant que matières premières). Dans le procédé industriel, neuf produits ont été manipulés dont 5 produits à examiner avec une priorité élevée et 4 produits avec une priorité moyenne (Tableau 26.A) ; alors que dans le procédé semi-industriel 6 produits ont été mis en évidences (4 produits à examiner avec une priorité élevée et 2 produits à une priorité moyenne) (Tableau 26.B).

III.3.3.2. DANS L'INDUSTRIE DE CHAUSSURES

Dans l'industrie de chaussures, l'hiérarchisation a été présentée en fonction de la classe de danger « 3 » ou « 4 » attribuée pour certaines préparations solvantées non identifiées alors que les préparations de colles non identifiées se sont vus attribuer la classe de danger « 3 ». Cette distinction de classe a été faite uniquement pour les entreprises industrielles et artisanales. Pour les entreprises semi-indistrielles, il n'y a pas de préparations solvantées non identifiées rapportées.

III.3.3.2.1. PROCEDE « INDUSTRIEL »

Le score de risque potentiel (SRP) dans les 2 cas de classe de danger met 13 préparations chimiques à examiner avec une haute priorité dont 5 des préparations solvantées. Pour la classe de danger « 3 » les SRP ne dépassent pas « 10000 » alors que avec la classe de danger « 4 », 3 préparations solvantées des 5 passent à un SRP 100000 (Tableaux 27).

III.3.3.2.2. PROCEDE « SEMI-INDUSTRIEL »

La distinction de situation pour ce procédé industriel ne se pose pas puisque nous n'avons pas mis en évidence des préparations non identifiées. Sept préparations à examiner avec une haute priorité : 2 solvantées et 5 des colles (Tableaux 28).

III.3.3.2.3. PROCEDE « ARTISANAL »

Dans ce procédé artisanal, nous n'avons mis en évidence que 8 préparations chimiques à examiner avec haute priorité (2 des préparations solvantées et 6 des préparations de colles. De plus, dans le cas de la classe de danger « 4 » une seule préparation solvantée (non identifiée) a son SRP passe de 10000 à 100000 (Tableaux 29).

III.3.4. INDICE DE RISQUE POTENTIEL CUMULE MOYEN (IRPCM)

III.3.4.1. DANS L'INDUSTRIE DE COLLES

Contrairement à l'hypothèse, l'IRPCM des entreprises de colles a été plus important dans le procédé industriel que semi-industriel (Tableau 30).

Tableau 30 : IRPCM dans les entreprises de colles

Procédé	IRPCM
Industriel	43 746,5
Semi-industriel	20 598,5

III.3.4.2. DANS L'INDUSTRIE DE CHAUSSURES

Dans le cas où la classe de danger égale à « 3 » est retenue pour les préparations solvantées non identifiées, l'IRPCM a été élevé dans les entreprises à procédé semi-industriel, suivi par le procédé industriel et enfin celui de l'artisanal (Tableau 31.A).

Dans le cas où la classe de danger égale à « 4 », l'IRPCM industriel passe au premier rang en doublant de valeur alors que l'IRPCM semi-industriel reste le même puisque qu'il n'y a pas de préparation solvantées non identifiée dans ce type de procédé. Quand au IRPCM artisanal reste en 3ème position avec une légère variation (Tableau 31.B).

Tableau 31 : IRPCM dans les entreprises de colles

31.A. Classe de danger « 3 »

Procédé	IRPCM
Industriel	18 458,2
Semi-industriel	22 927,0
Artisanal	15 384,6

31.B. Classe de danger « 4 »

Procédé	IRPCM
Industriel	36 407,4
Semi-industriel	22 927,0
Artisanal	18 668,4

Tableau 26 : Hiérarchisation du risque potentiel par agent chimique dans les entreprises de fabrication de colles

26.A. Procédé industriel

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de Risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
TRICHLOROETHYLENE	4	3	4	4	30000	41,0%	31554,5
TOLUENE	3	5	4	5	10000	13,7%	9971,2
HEXANE	3	5	4	5	10000	13,7%	9971,2
CYCLOHEXANE	3	4	4	5	10000	13,7%	9971,2
PERCHLOROETHYLENE	3	4	4	5	10000	13,7%	9971,2
ACETONE	2	5	4	5	1000	7,7%	997,1
MEC	2	4	4	5	1000	7,7%	997,1
ACETATE DE BUTYLE	1	4	4	5	100	1,4%	997,1
ACETATE D'ETHYLE	1	4	4	5	100	1,4%	997,1

26.B. Procédé semi-industriel

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de Risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
MEC	3	4	4	5	10000	49,3%	9971,2
HEXANE	3	5	4	5	10000	49,3%	9971,2
TOLUENE	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
CYCLOHEXANE	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
ACETATE D'ETHYLE	1	4	4	5	1000	4,8%	997,1
ACETONE	2	3	4	4	300	1,5%	315,5

Tableau 27 : Hiérarchisation du risque potentiel des entreprises de fabrication de Chaussure « Procédé industriel »

27.A. Fonction de la classe de danger « 3 »

27.A.1. Globale

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	100,0%	9971,2
DECAPANT	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	90,4%	9971,2
425S	3	5	4	5	10000	90,1%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	83,3%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	80,0%	9971,2
C4	3	5	4	5	10000	76,9%	9971,2
ELASTE	3	5	4	5	10000	71,4%	9971,2
SOLVANT NON DEFINI	3	5	3	5	10000	49,8%	9971,2
110/COLLE TEXTILE	3	5	4	5	10000	49,1%	9971,2
715	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
BIDONPLASTE	3	5	2	5	10000	47,4%	9971,2
DILUANT	3	5	3	5	10000	32,3%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	9,1%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	8,3%	997,1
SUPERSOUPLE	2	5	3	5	1000	8,3%	997,1
DESMODUR	2	5	4	5	1000	8,1%	997,1
UF43	2	5	3	5	1000	8,0%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	8,0%	997,1
PA	3	2	4	5	1000	7,1%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,8%	997,1
DURCISSEUR	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PU	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PRODUIT HALOGENATION	2	5	2	5	1000	3,0%	997,1
PLASTIPOLE	2	5	3	5	1000	2,9%	997,1
945	3	2	3	2	300	1,5%	316,0
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
ALCOOL	3	2	1	3	100	0,8%	99,9
COLLE BLANCHE	1	5	3	5	100	0,5%	99,7
420	3	1	1	1	100	0,5%	100,0
CALOREX	1	5	2	5	100	0,3%	99,7

A.2. Solvants

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
DECAPANT	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
ELASTE	3	5	4	5	10000	71,4%	9971,2
SOLVANT NON DEFINI	3	5	3	5	10000	49,8%	9971,2
BIDONPLASTE	3	5	2	5	10000	47,4%	9971,2
DILUANT	3	5	3	5	10000	32,3%	9971,2
SUPERSOUPLE	2	5	3	5	1000	8,3%	997,1
DESMODUR	2	5	4	5	1000	8,1%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	8,0%	997,1
PA	3	2	4	5	1000	7,1%	997,1
PRO. HALOGENATION	2	5	2	5	1000	3,0%	997,1
ALCOOL	3	2	1	3	100	0,8%	99,9

A.3. Colles

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	100,0%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	90,4%	9971,2
425S	3	5	4	5	10000	90,1%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	83,3%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	80,0%	9971,2
C4	3	5	4	5	10000	76,9%	9971,2
110/COLLE TEXTILE	3	5	4	5	10000	49,1%	9971,2
715	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	9,1%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	8,3%	997,1
UF43	2	5	3	5	1000	8,0%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,8%	997,1
DURCISSEUR	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PU	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PLASTIPOLE	2	5	3	5	1000	2,9%	997,1
945	3	2	3	2	300	1,5%	316,0
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
COLLE BLANCHE	1	5	3	5	100	0,5%	99,7
420	3	1	1	1	100	0,5%	100,0
CALOREX	1	5	2	5	100	0,3%	99,7

27.B. Fonction de la classe de danger « 4 »

27.B.1. Globale

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de Risque potentiel	Risque potentiel	Risque Potentiel cumulé
ELASTE	4	5	4	5	100000	96,1%	99712,2
SOLVANT NON DEFINI	4	5	3	5	100000	90,8%	99712,2
BIDONPLASTE	4	5	2	5	100000	90,0%	99712,2
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	100,0%	9971,2
DECAPANT	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	90,4%	9971,2
425S	3	5	4	5	10000	90,1%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	83,3%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	80,0%	9971,2
C4	3	5	4	5	10000	76,9%	9971,2
110/COLLE TEXTILE	3	5	4	5	10000	49,1%	9971,2
715	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
DILUANT	3	5	3	5	10000	8,3%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	9,1%	997,1
SUPERSOUPLE	2	5	3	5	1000	8,3%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	8,3%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	8,1%	997,1
DESMODUR	2	5	4	5	1000	8,1%	997,1
UF43	2	5	3	5	1000	8,0%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,8%	997,1
DURCISSEUR	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PU	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PRO. HALOGENATION	2	5	4	5	1000	2,9%	997,1
PLASTIPOLE	2	5	3	5	1000	2,9%	997,1
945	3	2	3	2	300	1,5%	316,0
PA	3	2	4	5	1000	1,0%	997,1
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
ALCOOL	3	2	1	3	100	0,8%	99,9
COLLE BLANCHE	1	5	3	5	100	0,5%	99,7
420	3	1	1	1	100	0,5%	100,0
CALOREX	1	5	2	5	100	0,3%	99,7

27.B.2. Solvants

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
ELASTE	4	5	4	5	100000	96,1%	99712,2
SOLVANT NON DEFINI	4	5	3	5	100000	90,8%	99712,2
BIDONPLASTE	4	5	2	5	100000	90,0%	99712,2
DECAPANT	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
DILUANT	3	5	3	5	10000	8,3%	9971,2
SUPERSOUPLE	2	5	3	5	1000	8,3%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	8,1%	997,1
DESMODUR	2	5	4	5	1000	8,1%	997,1
PRO. HALOGENATION	2	5	4	5	1000	2,9%	997,1
PA	3	2	4	5	1000	1,0%	997,1
ALCOOL	3	2	1	3	100	0,8%	99,9

27.B.3. Colles (idem A3)

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	100,0%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	90,4%	9971,2
425S	3	5	4	5	10000	90,1%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	83,3%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	80,0%	9971,2
C4	3	5	4	5	10000	76,9%	9971,2
110/COLLE TEXTILE	3	5	4	5	10000	49,1%	9971,2
715	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	9,1%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	8,3%	997,1
UF43	2	5	3	5	1000	8,0%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,8%	997,1
DURCISSEUR	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PU	2	5	3	5	1000	3,0%	997,1
PLASTIPOLE	2	5	3	5	1000	2,9%	997,1
945	3	2	3	2	300	1,5%	316,0
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
COLLE BLANCHE	1	5	3	5	100	0,5%	99,7
420	3	1	1	1	100	0,5%	100,0
CALOREX	1	5	2	5	100	0,3%	99,7

Tableau 28 : Hiérarchisation du risque potentiel des entreprises de fabrication de Chaussure « Procédé semi-industriel »

28.A. Globale

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	89,3%	9971,2
DILUANT	3	5	4	5	10000	33,3%	9971,2
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	33,0%	9971,2
COLLE SANS PRECISON	3	5	4	5	10000	33,0%	9971,2
C4	3	5	4	5	10000	32,3%	9971,2
DECAPANT	3	5	3	5	10000	31,3%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	31,3%	9971,2
TUCOPLAST	2	5	4	5	1000	8,9%	997,1
UF43	2	4	4	5	1000	8,8%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	3,1%	997,1
D1	2	5	4	5	1000	3,1%	997,1
SUPERSOUPLE	2	3	2	3	100	0,9%	99,9
DESMODUR	2	4	1	3	100	0,9%	99,9
PRO. HALOGENATION	2	2	1	2	30	0,1%	31,6

28.B. Solvants

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
DILUANT	3	5	4	5	10000	33,3%	9971,2
DECAPANT	3	5	3	5	10000	31,3%	9971,2
ACETONE	2	5	3	5	1000	3,1%	997,1
SUPERSOUPLE	2	3	2	3	100	0,9%	99,9
DESMODUR	2	4	1	3	100	0,9%	99,9
PRO. HALOGENATION	2	2	1	2	30	0,1%	31,6

28.C. Colles

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	89,3%	9971,2
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	33,0%	9971,2
COLLE SANS PRECISON	3	5	4	5	10000	33,0%	9971,2
C4	3	5	4	5	10000	32,3%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	31,3%	9971,2
TUCOPLAST	2	5	4	5	1000	8,9%	997,1
UF43	2	4	4	5	1000	8,8%	997,1
D1	2	5	4	5	1000	3,1%	997,1

Tableau 29 : Hiérarchisation du risque potentiel des entreprises de fabrication de Chaussure « Procédé artisanal »

29.A. Fonction de la classe de danger « 3 »

29.A.1. Globale

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	97,1%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	82,6%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	76,9%	9971,2
COLLE SANS PRECISON	3	5	4	5	10000	44,8%	9971,2
COLLE GEANT	3	5	4	5	10000	43,5%	9971,2
DECAPANT	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
SOLVANT NON DEFINI	3	5	3	5	10000	32,3%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
FORESTALI/ICF	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
TUCOPLAST	2	5	4	5	1000	24,4%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	7,0%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,5%	997,1
PU	2	4	4	5	1000	4,3%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	9,0%	997,1
SOUPLESSE	2	5	3	5	1000	4,3%	997,1
DILUANT	3	2	1	2	300	50,0%	316,0
ENCRE SPECIALE	3	2	1	2	300	50,0%	316,0
ASOUPLEX	2	4	2	4	300	2,1%	315,5
COLLE BLANCHE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,5%	99,7
SUPERSOUPLE	2	4	1	3	100	0,8%	99,9

29.A.2. Solvants

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
DECAPANT	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
SOLVANT NON DEFINI	3	5	3	5	10000	32,3%	9971,2
ACETONE	2	5	3	5	1000	29,0%	997,1
SOUPLESSE	2	5	3	5	1000	24,3%	997,1
DILUANT	3	2	1	2	300	15,0%	316,0
ENCRE SPECIALE	3	2	1	2	300	5,0%	316,0
ASOUPLEX	2	4	2	4	300	2,1%	315,5
SUPERSOUPLE	2	4	1	3	100	0,8%	99,9

29.A.3. Colles

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	97,1%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	82,6%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	71,4%	9971,2
COLLE SANS PRECISON	3	5	4	5	10000	44,8%	9971,2
COLLE GEANT	3	5	4	5	10000	43,5%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
FORESTALI/ICF	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
TUCOPLAST	2	5	4	5	1000	24,4%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	7,0%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,5%	997,1
PU	2	4	4	5	1000	4,3%	997,1
COLLE BLANCHE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,5%	99,7

29.B. Fonction de la classe de danger « 4 »

29.B.1. Globale

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque Potentiel cumulé
SOLVANT NON DEFINI	4	5	3	5	100000	82,6%	99712,2
DECAPANT	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	97,1%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	82,6%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	71,4%	9971,2
COLLE SANS PRECISON	3	5	4	5	10000	44,8%	9971,2
COLLE GEANT	3	5	4	5	10000	43,5%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
FORESTALI/ICF	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
ENCRE SPECIALE	4	2	1	2	3000	90,9%	3160,0
DECAPANT	3	4	3	4	3000	73,2%	3155,4
TUCOPLAST	2	5	4	5	1000	24,4%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	9,0%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	7,0%	997,1
SUPERSOUPLE	2	5	4	5	1000	4,8%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	4,7%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,5%	997,1
SOUPLESSE	2	5	3	5	1000	4,3%	997,1
PU	2	4	4	5	1000	4,3%	997,1
DILUANT	3	2	1	2	300	4,1%	316,0
ACETONE	2	4	2	4	300	2,7%	315,5
ASOUPLEX	2	4	2	4	300	2,1%	315,5
COLLE BLANCHE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,5%	99,7

29.B.2. Solvants

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
SOLVANT NON DEFINI	4	5	3	5	100000	82,6%	99712,2
DECAPANT	3	5	4	5	10000	47,6%	9971,2
ENCRE SPECIALE	4	2	1	2	3000	90,9%	3160,0
DECAPANT	3	4	3	4	3000	73,2%	3155,4
ACETONE	2	5	3	5	1000	9,0%	997,1
SUPERSOUPLE	2	5	4	5	1000	4,8%	997,1
ACETONE	2	5	3	5	1000	4,7%	997,1
SOUPLESSE	2	5	3	5	1000	4,3%	997,1
DILUANT	3	2	1	2	300	4,1%	316,0
ACETONE	2	4	2	4	300	2,7%	315,5
ASOUPLEX	2	4	2	4	300	2,1%	315,5

29.B.3. Colles (idem A3)

Agent chimique	Classe de danger	Classe de quantité	Classe de fréquence	Classe d'exposition potentielle	Score de risque potentiel	Risque potentiel	Risque potentiel cumulé
COLLE JAUNE	3	5	4	5	10000	97,1%	9971,2
C3	3	5	4	5	10000	90,9%	9971,2
CN13	3	5	4	5	10000	82,6%	9971,2
COLLE NEOPRENE	3	5	4	5	10000	71,4%	9971,2
COLLE SANS PRECISON	3	5	4	5	10000	44,8%	9971,2
COLLE GEANT	3	5	4	5	10000	43,5%	9971,2
D1	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
FORESTALI/ICF	2	5	4	5	1000	100,0%	997,1
TUCOPLAST	2	5	4	5	1000	24,4%	997,1
CD11	2	5	4	5	1000	7,0%	997,1
POLYURETHANE	2	5	4	5	1000	4,5%	997,1
PU	2	4	4	5	1000	4,3%	997,1
COLLE BLANCHE	1	5	4	5	100	0,9%	99,7
COLLE VINYLIQUE	1	5	4	5	100	0,5%	99,7

IV. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

IV.1. CARACTERISATION DE LA POPULATION D'ETUDE

La 1ère difficulté que nous avons rencontré lors de notre passage pour repérer les entreprises de colles et de chaussures notamment semi-industrielles et artisanales, est la non mise à jour des listes précises fournies par le CRCC et la CRCIA de Sfax pour plusieurs raisons :

- soit l'entreprise avait fermé et n'avait pas été retirée de la liste,
- soit elle avait changé d'adresse, le plus fréquemment, sans communiquer ses nouvelles coordonnées.

En effet, ce type d'entreprise évite les services des impôts et de la CNSS. De plus, nous avons noté une variation de l'échantillon de l'étude entre la prise de contact pour le recrutement des entreprises qui souhaitent participer et notre passage pour établir notre questionnaire d'information.

Nous avons noté un nombre de salariés plus important dans les entreprises semi-industrielles et artisanales avec la non déclaration de certains d'entre eux d'une part et le caractère volontaire de participation des entreprises dans des démarches d'ER d'autre part, en l'absence de texte réglementaire d'obligation de procédés à de telle démarche [12-16,18].

IV.2. POPULATION EXPOSEE AUX SOLVANTS ET/OU AUX COLLES

Les proportions des populations manipulatrices des solvants et/ou des colles dans les deux secteurs ont été proches avec des taux de 56,9% et 58,8% respectivement dans les industries de colles et de chaussures.

Les quantités annuelles des produits et/ou des préparations chimiques consommés par les entreprises de colles et/ou de chaussures ont été très disparates, toutefois elles représentent des quantités très importantes tous procédés confondus : lié sans doute au caractère volatile des préparations manipulées dans une région dont le climat est assez chaud. Il y a des pertes de quantités relativement importantes. Cette éventualité nous a été confirmée par SIFCOL qui signale perdre des quantités qui varient de 8 à 10% de produit fini en magasin pendant la période chaude.

IV.3. LES EQUIPEMENTS DE PROTECTIONS INDIVIDUELLES ET COLLECTIVES

Malgré les expositions importantes à des préparations solvantées, nous avons mis en évidence l'absence presque totale d'utilisation des EPI par les manipulateurs des

préparations de colles et/ou de solvants. L'équipement des locaux par une ventilation adéquate des locaux n'a pas été notée très souvent alors que les textes réglementaires tunisiens obligent les entreprises à préserver le capital humain et à mettre en place une politique préventive adéquate [15,16].

Ainsi, l'aération naturelle a été la principale alternative de ventilation : certains artisans de chaussures travaillaient les portes ouvertes puisque il n'ont pas d'autres issus d'aérations (pas de fenêtres). Alors que d'autres travaillaient les portes fermées en raison de leur situation irrégulière :

- soit ils ne sont pas déclarés à la CNSS (l'organisme assureur du secteur privé) ;
- soit ils sont un groupe d'artisans qui occupaient des locaux destinés à l'habitation et non à usage commercial et industriel (chacun travaillant pour son propre compte).

IV.4. LOCALISATION DES ENTREPRISES

Les entreprises de chaussures semi-industrielles sont des entreprises artisanales qui travaillent à grande échelle avec une certaine mécanisation, où la majorité de leurs employés sont payés au nombre de pièces produites par jour (surtout les fondeurs et les tigeurs). Elles correspondent à des entreprises industrielles qui devraient être dans des Z.I. comme le prévoit l'Arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 15 novembre 2005 (fixant la nomenclature des établissements dangereux, insalubre ou incommodes [13]), un effectif qui dépasse les 20 salariés. Une autre particularité dans ce type d'entreprise est la présence féminine aux postes de montage de tiges et de finition [24].

Les entreprises de fabrication de chaussures sont en augmentation dans la région avec une extension vers les nouvelles Z.I. au Sud de la ville de Sfax les entreprises semi-industrielles ne cessent d'envahir la Médina et particulièrement les habitations qui sont dans la majorité des cas des monuments historiques protégés.

IV.5. LE CHOIX DE LA METHODE D'ERC SIMPLIFIEE DE L'INRS

La méthode d'ERC simplifiée de l'INRS a été retenue puisqu'elle est une des méthodes de référence en matière d'ER (établie à partir de la méthode de Kinney avec un modèle mathématique validé). D'ailleurs, cette méthode est recommandée parmi les méthodes d'ER dans certaines réglementations européennes [19].

La classification de danger des préparations manipulées a été très difficile et nous avons du nous limiter aux pictogrammes marqués sur les contenants des préparations du faite de l'absence d'informations sur ces produits, et notamment du

faite de l'absence de fiches de données et de sécurité. Ce n'est qu'en se référant à certaines bases de données [9,10] et l'aide de l'ingénieur chimiste de la société SIFCOL que nous avons pu identifier certaines préparation. Malgré cette assistance, nous avons été confrontés à certaines préparations non identifiées notamment solvantées où nous avons été obligé à évoquer 2 hypothèses :

- Soit attribué la classe de danger « 3 » et la préparation est considérée nocive ;
- Soit attribué la classe de danger « 4 » et la préparation est considérée toxique.

Mais l'hypothèse de la classe de danger « 3 » reste la plus plausible pour les 3 arguments suivants :

- du faite de la fréquence de cette classe de danger parmi les préparations identifiées ;
- des différents scores de risque potentiel (SRP) dont certains passent de 10000 à 100000 de la classe de danger « 3 » à « 4 » ;
- la variation de l'IRPCM qui double de valeur pour les entreprises industrielle de chaussure de 18458,2 pour la classe de danger « 3 » à 36407,4 pour la classe de danger « 4 ».

V. CONCLUSION

La détection et l'ERC ont été des étapes importantes dans cette démarche de prévention dans le secteur de la fabrication de colles et leurs dérivés et leurs manipulations dans le secteur de la fabrication de chaussures. Cette détection a consisté :

- à mettre en évidence les préparations chimiques qui ont été à l'origine des risques. Ceci a pu être obtenu par l'inventaire et la hiérarchisation des préparations chimiques.
- et à identifier la nature des préparations chimiques manipulées. Cette identification a été faite par l'étiquetage des préparations.

A l'issue de cette démarche d'ERC :

- ***dans le secteur de colles,*** le procédé industriel semble avoir le risque le plus important par rapport à celui du semi-industriel ;
- alors que ***dans le secteur de la chaussure,*** le procédé semi-industriel est en tête suivi du procédé industriel et enfin celui de l'artisanal.

Mise à part le renforcement des mesures d'hygiène et de sécurité dans l'industrie de colles et de chaussures, deux actions sont à mener en parallèle à l'issu de cette ERC :

- La substitution de certains solvants par d'autres dans la fabrication de colles et leurs dérivés semble nécessaire tout en conservant les propriétés d'usage des préparations [1-3] ;
- Une évolution de la réglementation tunisienne en matière d'hygiène et sécurité au travail particulièrement, est nécessaire afin de rendre obligatoire l'ER dans les entreprises.

Mais pour que notre démarche soit complète, et afin de valider nos hypothèses, la deuxième étape de l'étude va consister à réaliser des mesures d'ambiance et biotoxicologiques d'exposition pour les solvants aux quels le personnel est le plus fréquemment exposé.

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Bégin D, Beaudry Ch, Gérin M.** La substitution des solvants par le carbonate de propylène. IRSST, Canada 2005, B-070:40 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)
2. **Bégin D, Moumen M, Gérin M.** La substitution des solvants par l'alcool benzylique. IRSST, Canada 2005, B-068:33 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)
3. **Bégin D, Sinarith H, Gérin M.** La substitution des solvants par le lactate d'éthyle. IRSST, Canada 2005, B-069:38 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)
4. **Colle chaussure.** Keck Chimie S.A. [En ligne] www.keck-chimie.fr (Consulté, le 29.02. 2008)
5. **Les différentes colles.** Dans Technique collage. Art du collage montage. [En ligne] www.art-pjm.com/collage-technique/technique-collage-les-colles (Consulté le 29.02. 2008)
6. **Dossier colles de complexage. Les développements se renforcent pour les sans solvants et les bases aqueuses.** ED Emballage Digest. [En ligne] www.emballagedigest.fr/blog.php?2005/08/30/2230-dossier-colles (Consulté le 29.02. 2008)
7. **Dor F, Bonvallot N.** Identification des dangers : une étape de l'évaluation des risques sanitaires à approfondir. Environnement, Risque et Santé 2005,6:279-87.
8. **Gérin M.** Solvants industriels : Santé, sécurité, substitution. 1ère Edition. Masson. Paris, France 2002 : 257 pages ISBN 2-294-00297-0
9. **INRS. Base de données « Fiches Toxicologiques »** [En ligne] www.inrs.fr (Consulté le 10.09. 2005)
10. **INRS. Bases de données « Solvex ».** [En ligne] www.inrs.fr/solvants/bsolvants.nsf (Consulté le 20.03. 2006)
11. **INRS.** Ventilation des ateliers d'encollage de petits objets (chaussures). Guide pratique de ventilation (n° 5) 1987, ED 672:28 pages
12. **Journal Officiel de la République Française (JORF).** Décret n° 2001-1016 du 5 novembre 2001 portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, prévue par l'article L. 230-2 du code du travail et modifiant le code du travail. JORF n° 258 du 7 Novembre 2001 (NOR : *MEST0111432D*).
13. **Journal Officiel de la République Tunisienne (JORT).** Arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 15 novembre 2005, fixant la nomenclature des établissements dangereux, insalubre ou incommodes. JORT du 25.11.2005, n° 94:3300-24.
14. **JORT**. Décret n° 2000-1985 du 12 septembre 2000, portant organisation et fonctionnement des services de médecine du travail. JORT, 22 septembre 2000 n° 76 : 2250-3.
15. **JORT**. Loi n° 94-28 du 21 févier 1994, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. JORT, 22 février 1994 n° 15 : 308-18.
16. **JORT**. Loi n° 95-56 du 28 juin 1995, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. JORT, 4 juillet 1995 n° 53 : 1419-24.
17. **Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE).** Directive 2006/121/CE du 18 décembre 2006 modifiant la directive 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses afin de l'adapter au règlement (CE) no 1907/2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), et instituant une agence européenne des produits chimiques. JOUE du 30.12.2006 : FR L 396/850 - L 396/856.

18. JOUE. Directive 89/391/CEE du conseil du 12 juin 1989, concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. JOUE du 29 juin 1989, n° L 181 :1-8 (FR).

19. Lieve P, Van De Laer M, Lamotte JM, Emelen JV. L'analyse des risques. Ministère fédéral de l'emploi et du travail (Belgique) 2002, Septembre : 58 pages

20. Margossian N. Risque chimique. 1ère Edition. Dunod. Paris, France 2002 : 235 pages ISBN 2-10-006562-9

21. Martel B. Guide du risque chimique : identification, évaluation, maîtrise. 3ème Edition. Dunod. Paris, France 2002 : 388 pages ISBN 2-10-005585-2

22. McCann M. Le cuir, la fourrure et la chaussure. Encycl Sécurité Santé Travail (BIT) 2000, 3ème édition française (traduction 4ème édition anglaise), 3, 88 :13 pages
[En ligne] www.ilo.org/public/french/protection/safework/cis/products/encyclo/pdf (Consulté le 06.04.2007)

23. Mouysset P. Guide pratique du risque chimique. 1ère Edition. Les Editions d'ergonomie. Paris, France 2003 : 245 pages SBN 2-908191-28-8

24. Pagès M, Falcy M. Evaluation du risque solvants pour la grossesse. DMT 1999, 80:335-53.

25. Triolet J. Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. ND 2230-199-05. Cahier Notes Doc 2005,199:65-97.

26. Vincent R, Bonthoux F, Mallet G, Iparraguirre J-F, Rio S. Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. Cahier Note Doc 2005, 200 (ND 2233):39-62.

27. Vincent R, Bonthoux F. Evaluation du risque chimique : Hiérarchisation des « risques potentiels ». Cahier Note Doc 2000, 178 (ND 2121):29-34.

PARTIE II

EVALUATION DES EXPOSITIONS AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

Table des matières

I. Introduction…….. 50

I.1. Les étapes de fabrication de chaussures…… 50

I.1.1. Création, Modélisation, Patronage…… 51

I.1.2. Coupe…… 51

I.1.3. Piquage…… 51

I.1.4. Le soudé…… 51

I.1.4.1. Poste de tigeur (montage et encollage)…….. 51

I.1.4.2. Poste de fondeur (affichage et soudage)…….. 52

I.1.4.3. Poste de finition (bichonnage et conditionnement)…… 52

I.1.5. Le cousu Goodyear…… 53

I.1.6. l'injecté direct…… 53

I.2. Les étapes exposantes aux solvants et aux colles dans l'industrie de chaussures …… 53

II. Matériel et Méthodes..... 55

II.1. Définition de l'exposition…… 55

II.1.1. Présentation des entreprises de chaussures…… 55

II.1.2. Solvants sélectionnés et leurs métabolites à détecter 55

II.2. Echantillonnage de la population…… 55

II.2.1. Critères d'inclusion…….. 56

II.2.2. Critères d'exclusion…….. 56

II.3. Méthodes…… 56

II.3.1. Acquisition du matériel d'échantillonnage métrologique…… 56

II.3.2. Mesures biométrologiques…… 58

II.3.2.1. Mesures de l'exposition intégrée sur un demi-poste…….. 58

II.3.2.2. mesures des indicateurs biotoxicologiques…….. 58

II.3.3. Mise au point des protocoles d'analyses toxicologiques…….. 58

II.3.3.1. Dosage des solvants cibles dans l'atmosphère…… 58

II.3.3.2. Dosage des métabolites des solvants cibles dans les urines…….. 61

II.3.4. Valeurs limites d'exposition biométrologiques…… 62

II.3.4.1. Les Valeurs moyennes d'exposition de référence et indices d'exposition... 62

II.3.4.2. les Indices biologiques d'exposition (IBE)…… 62

III. Résultats…… 64

III.1. Les entreprises de chaussures volontaires…… 64

III.2. Les dosages atmosphériques des solvants…… 65

II.2.1. Exposition des salariés selon le process industriel…… 65

II.2.2. Exposition des salariés en fonction du poste du travail…….. 65

II.2.3. Les concentrations atmosphériques des solvants…… 65

III.3. Les dosages urinaires des métabolites…… 69

II.3.1. Les métabolites dosés par HPLC…… 69

II.3.2. Les métabolites dosés par CPG…….. 69

IV. Commentaires et Discussion…… 72

IV.1. Critiques et biais…….. 72

IV.2. Matériel d'échantillonage atmosphérique…….. 72

IV.3. Les dosages biométrologiques…….. 72

V. Conclusion…… 75

VI. Références Bibliographiques…….. 76

I. INTRODUCTION

Les solvants constituent un ensemble de produits chimiques variés ayant pour caractéristiques techniques essentielles un pouvoir solubilisant associé à une volatilité en général élevée [13]. Ces propriétés en font des auxiliaires difficilement contournables, dans une majorité de secteurs industriels et particulièrement l'industrie chimique comme la fabrication de la colle [53,58]. En raison de la volatilité de la plupart d'entre eux, l'inhalation des vapeurs, fait la principale voie de pénétration est la voie pulmonaire [41,44].

Parmi les risques chimiques recensés dans l'industrie de fabrication de chaussures en Tunisie, les solvants organiques occupent une place capitale. Cependant malgré l'importance des quantités de solvants utilisées, les données d'exposition des salariés aux solvants dans ce secteur sont quasi-absentes.

La prévention des risques professionnels, et plus particulièrement du risque chimique, est basée sur l'évaluation des risques suivant des procédures fixées par des textes réglementaires [12,16,20]. La réglementation tunisienne en santé au travail [28,29] n'a cependant prévu aucune obligation pour les chefs d'entreprise de réaliser des évaluations de risque en utilisant des mesures atmosphériques des ambiances de travail et des indicateurs biologiques d'exposition (IBE). Ainsi nous avons mis en place cette évaluation de l'exposition sur un échantillon d'entreprises volontaires de fabrication de chaussures.

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'exposition à des mélanges de solvants composés d'acétone, de cyclohexane, de n-hexane, de méthyléthylcétone, de toluène et de trichloroéthylène chez les employés des entreprises de fabrication de chaussures.

En débutant cette étude, nous ne disposons pas d'indicateurs initiaux de l'exposition (indicateurs atmosphériques et/ou biotoxicologiques de référence). Ceci a rendu obligatoire une reconstitution du passé professionnel des salariés ainsi que l'histoire de l'exposition aux solvants dans ces entreprises.

I.1. LES ETAPES DE FABRICATION DE CHAUSSURES [7]

Depuis toujours, la chaussure habille le pied pour l'indispensable protection contre les intempéries et reliefs. Ce produit restera longtemps un accessoire vestimentaire qui devra "séduire" avant de chausser. L'industrie de la chaussure, malgré la mécanisation reste une industrie de main-d'œuvre, 150 opérations sont nécessaires pour fabriquer une paire de chaussures (Figure 3).

Trois types de techniques de fabrication :

- *Le soudé*
- *Le cousu Goodyear*
- *L'injecté direct*

I.1.1. CREATION, MODELISATION, PATRONAGE

Au départ de **la création**, il y a le style, de nombreuses esquisses et ébauches sont réalisées selon les tendances de la mode. Deux collections annuelles (été-hiver) sont lancées selon les lignes, les coloris, les matières et les accessoires choisis.

Puis la forme est réalisée selon la ligne de style dans la pointure échantillon. Les lignes de chaque esquisse, sont reportées sur la forme et mises à plat pour obtenir le patron-plan : c'est ***la modélisation***.

Quelle que soit la méthode utilisée, ***le patronage*** consiste à définir le contour définitif des différentes pièces de la tige du modèle "échantillon", en vue de la fabrication industrielle.

I.1. 2. COUPE

Les pièces du modèle sont déclinées dans les différentes pointures constituant ***la série***. Par exemple, à partir du 41 on obtient les pointures du 39 au 46.

Qu'il s'agisse de ***la coupe*** "main" ou à "l'emporte pièce", de la découpe au "laser" ou au "jet d'eau", les pièces sont découpées dans les matières sélectionnées (cuir, textiles...).

Puis, ***la préparation au picage*** comme le parage, le rempilage, le perforage est effectuée sur les différentes pièces du dessus de la chaussure

I.1.3. PIQUAGE

Avant le piquage, on réalise les éléments du ***semelage*** (première de montage, semelle, talon, etc…) à partir du gabarit du dessous de la forme. Puis, on constitue la tige, les pièces sont assemblées par **une piqûre**. A ce poste, sont aussi effectuées les piqûres décoratives.

I.1.4. LE SOUDÉ

Le soudé est la phase de la fabrication pendant laquelle la semelle est fixée par collage sur une tige montée sur la base (à la semence ou à la collé).

I.1.4.1. POSTE DE TIGEUR (MONTAGE ET ENCOLLAGE)

La première de ***montage***, clé de voûte de la chaussure, est positionnée sur la forme. La tige est plaquée sur forme et l'excédant de matière est rabattu sur la première de

montage par collage. C'est une opération manuelle ou mécanisée. Puis, le dessous de la chaussure et la semelle sont préalablement ***encollés***.

I.1.4.2. POSTE DE FONDEUR (AFFICHAGE ET SOUDAGE)

La semelle est positionnée manuellement sur le dessous de la chaussure : c'est ***l'affichage***. La semelle est "***soudée***" à la chaussure par une forte pression exercée par dessus, c'est une opération mécanisée.

I.1.4.3. POSTE DE FINITION (BICHONNAGE ET CONDITIONNEMENT)

La chaussure est ***nettoyée et bichonnée*** (cirage, polish). La première de propreté, les lacets et les étiquettes de marque sont posés. Enfin, la chaussure est contrôlée puis conditionnée pour la vente.

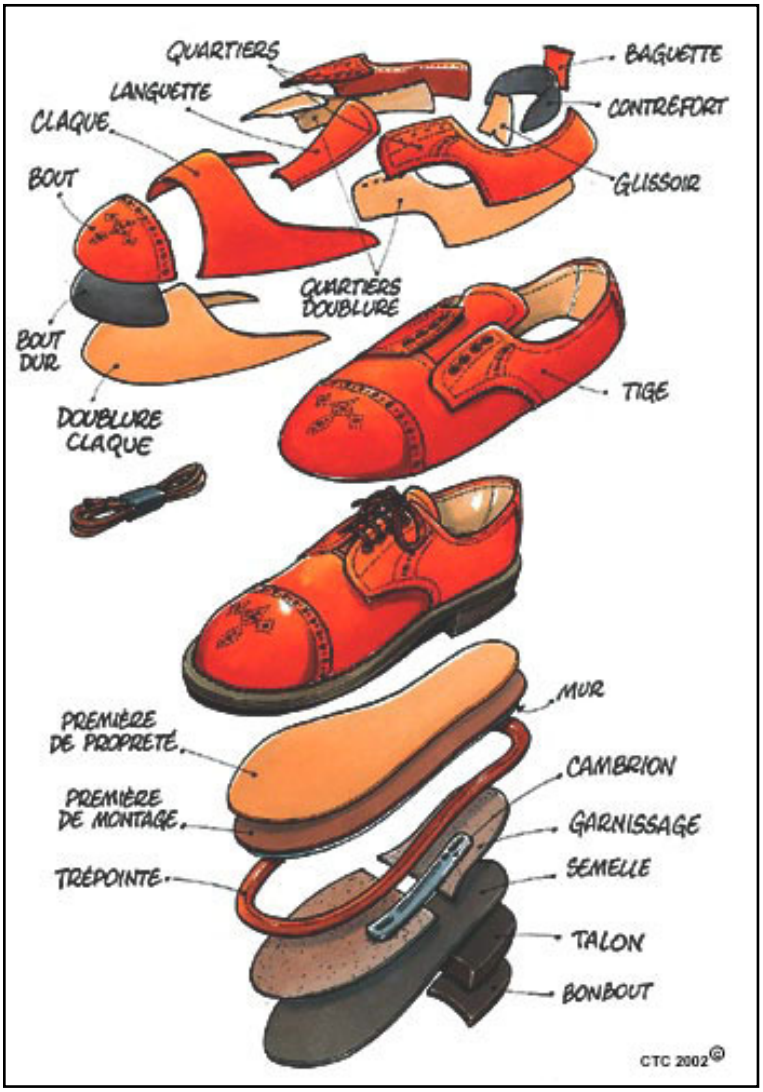


Figure 3. Les différentes composantes de la chaussure [7]

I.1.5. LE COUSU GOODYEAR

Le cousu Goodyear est une fabrication réalisée manuellement à l'origine et mécanisée actuellement consistant à coudre la trépointe sur le mur.

La trépointe est l'élément valorisant de cette fabrication. Elle permet la liaison entre la tige, la première de montage et la semelle. La trépointe, la tige et le mur de la première de montage sont assemblés par une piqûre, invisible une fois la chaussure terminée : C'est ***le cousu GOODYEAR***, du nom de l'inventeur de la machine. Après la pose du cambrion (bois ou métal), on égalise le dessous de la chaussure avec un mélange de liège et de colle ou d'une mousse : C'est ***le garnissage***.

La semelle est positionnée sur le dessous de la chaussure et soudée (***Affichage***). Les deux parties en contact ont été préalablement encollées. Puis elle est définitivement assemblée à la trépointe par ***une piqûre dite "petit point"***. Cette couture est visible une fois la chaussure terminée. Le talon est collé puis cloué sur la semelle.

I.1.6. L'INJECTE DIRECT

L'injecté direct consiste en l'introduction par pression dans un moule de divers produits. La première de montage est assemblée à la tige par une piqûre de surjet dite Ströbel du nom de l'inventeur de la machine. La tige est enfilée sur le moule mâle. Le polymère fluidifié par chauffage est injecté, sous pression, dans le moule de la semelle maintenu contre la tige. Le démoulage a lieu après un temps de refroidissement.

I.2. LES ETAPES EXPOSANTES AUX SOLVANTS ET AUX COLLES DANS L'INDUSTRIE DE CHAUSSURES A LA TCHNIQUE « LE SOUDÉ » [21]

(Tableau 30 et 31)

Nous nous sommes limités dans notre étude :

- à la technique de fabrication « ***Le Soudé*** » pour 2 raisons :
  - C'est la technique la plus répandue dans la région de Sfax (soit 70% environ),
  - la plus exposante aux préparations de colles et de solvants.

- aux ***3 principaux postes*** exposants aux solvants :
  - le poste de tigeur,
  - le poste de fondeur,
  - le poste de la finition.

Tableau 30 : Les étapes de fabrication de la chaussure (Technique le soudé) et les sources de pollution [20]

Les Postes	Les sources de pollution
1. L'encollage individuel **Poste de « TIGEUR »**	Les vapeurs de solvants : - récipient de colle en cours d'utilisation - pièce encollée - matériels utilisé pour enduction (opération de préencollage)
2. La zone de séchage	Les objets sont placés en général sur des étagères fixes ou mobiles à proximité des postes de collages
3. Les opérations annexes :	
3.1. Le stockage et le fractionnement	Les colles en gros conditionnement : un transvasement dans les petits récipients utilisés au poste d'encollage
3.2. La préparation des surfaces avant collage **Poste de « FONDEUR »**	- Nettoyage et dégraissage des pièces à assembler : Trichloréthylène ou MEC (pinceau ou chiffon) - Lavage des semelles - **l'halogénation** : traitement de certaines catégories de semelles avant encollage par l'acide trichloroisocyanurique
3.3. La **FINITION**	- Nettoyage après collage pour enlever l'excès de colle (chiffon imbibé de solvant) - La coloration et l'application de polish (le plus souvent par pulvérisation)
3.4. Le nettoyage du matériel	Les pinceaux et les accessoires : par des solvants

Tableau 31 : Les différentes phases de la fabrication de la chaussure (Technique le soudé) et les solvants et les colles utilisés [20]

Etapes de fabrication	Solvants	Colles
1. L'encollage individuel	Ajout de solvants aux colles	(+) PU, Néoprène, ...
2. La préparation des surfaces avant collage - Nettoyage et dégraissage des pièces à assembler (pinceau, chiffon) - Lavage des semelles - l'halogénation : traitement de certaines semelles (caoutchouc)	Trichloréthylène ou MEC Solvants Acide trichloroisocyanurique	(-)
3. Séchage	[Dégagement]	(-)
4. Finition	(+) Encre, Polish	(-)
5. Nettoyage du matériel	(+)	(-)
6. Fractionnement et stockage « transvasement » des préparations	(+)	(+)

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. DEFINITION DE L'EXPOSITION

II.1.1. PRESENTATION DES ENTREPRISES DE CHAUSSURES

Les Entreprises de fabrication de la chaussure ont été classées selon 3 groupes en fonction de leurs procédés de fabrication : Industriels, semi-industriels et artisanales.

Les entreprises artisanales ont été réparties en 2 types :

- Type 1 : le poste de fondeur et le poste du tigeur sont séparés,
- Type 2 : un seul poste Tigeur et fondeur (2 taches réalisées par la même personne en 2 temps)

Un échantillon de ces entreprises, suite à l'étape de repérage menée en 2005, a été retenu afin de réaliser une étude biométrologique (Tableau 32).

II.1.2. SOLVANTS SELECTIONNES ET LEURS METABOLITES A DETECTER

Suite à un repérage des solvants présents dans la composition des produits manipulés (des colles, des diluants et des décapants) dans la fabrication des chaussures mené durant le 1er semestre de 2005 dans la région de Sfax ; nous avons recensé les solvants les plus prédominants : ***l'acétone, le cyclohexane, l'hexane, le méthyléthylcétone, le toluène et le trichloroéthylène*** [12,42,49]. Ils feront l'objet de dosages suite à des prélèvements atmosphériques ainsi que leurs métabolites qui seront dosés dans des prélèvements urinaires [18].

Le benzène bien que non repéré dans la composition des produits manipulés, a été recherché par son métabolite l'acide trans,trans-muconique qui a été dosé de façon systématique dans les urines [9,28,29].

II.2. ECHANTILLONNAGE DE LA POPULATION

Vingt deux entreprises du groupe des entreprises repérées en 2005 ont été sélectionnées afin de réaliser une étude biométrologique (Tableau 32).

Tableau 32 : Fabrication de chaussures

	Procédé	*Industriel*	*Semi-Industriel*	*Artisanal*	TOTAL
Population Repérée (2005)	*Entreprises*	26	6	60	**92**
	Salariés	751	48	350	**1149**
Echantillon Sélectionné (2008)	*Entreprises*	6	6	10	**22**
	Salariés	122	48	60	**230**

II.2.1. CRITERES D'INCLUSION

Les entreprises sélectionnées dans l'échantillon sont celles :

- parmi le groupe qui a été constitué lors de l'enquête de repérage ;
- qui font la production de chaussure en cuir et ses dérivés ;
- volontaires à la réalisation d'une intervention biométrorologie.

II.2.2. CRITERES D'EXCLUSION

- nouvelles entreprises ne figurant pas dans le groupe des entreprises repérées ;
- entreprises de fabrication :
    - des chaussures par l'injecté direct ou le cousu Goodyear
    - et des semelles.

II.3. METHODES

L'évaluation de l'exposition aux solvants a été réalisée sur 15 semaines du 20 mai au 15 septembre 2008 grâce à [1,12,16,35] :

- une observation des différents postes de travail (Annexe A1.1),
- la recherche, avec l'aide du chef de l'entreprise et des salariés les plus anciens des principales modifications intervenues aussi bien sur le plan technique (changement de machine, aspiration et ventilation des locaux, ...) que sur la nature des produits utilisés ;
- une métrologie d'ambiance et biotoxicologique des solvants et des colles.

II.3.1. ACQUISITION DU MATERIEL D'ECHANTILLONNAGE METROLOGIQUE (Figure 4)

Afin de réaliser nos interventions métrologiques, le laboratoire « Eau, Energie et Environnement » a mis les moyens nécessaires (humaines et financières) afin d'acquérir un kit complet pour pouvoir réaliser une métrologie active selon les normes et les critères internationaux [15,48].

Ce kit est composé de :

- 5 pompes à poche KV ATEX
- une pompe PCTX4KV ATEX
- 18 tubes de Protection type B avec pince (6 de type A, 6 de type B et 6 de type C)
- un calibreur type M5
- 2 Lots de 50 tubes charbon actif (800+200 mg)

Figure 4.a. Vue générale du matériel commandé [48]

Figure 4. b. Kit de 5 pompes à poche KV atex [48]

II.3.2. MESURES BIOMETROLOGIQUES

II.3.2.1. MESURES DE L'EXPOSITION INTEGREE SUR UN DEMI-POSTE

Pour mesurer la concentration des solvants dans l'atmosphère, des prélèvements individuels et/ou à poste fixe ont été réalisés (Figure 5) : un système de prélèvement individuel placé à proximité des voies respiratoires (ou à poste fixe mis à une hauteur moyenne des voies respiratoires par rapport au sol), et composé d'une pompe de prélèvement : Poket Pump (Pump SKC® 210-1002 TX) à débit régulier à 100 (±5%) cm^3/mn et d'un tube de piégeage (800 et 200 mg) constitué de charbon actif (Tube SKC® 226-16) pour une durée de 4 heures [19,22-24]. Ces prélèvements ont été réalisés en milieu de la semaine : le mercredi ou le jeudi selon le type de procédé de fabrication des entreprises et leurs lieux d'installation (Tableau 33).

Les comparaisons des résultats de ces prélèvements ont été effectuées en référence aux Valeurs Moyennes d'Exposition (VME) des solvants calculées par rapport à une période de référence de 8 heures de travail/jour et 39 heures/semaine [26,28-30,42].

II.3.2.2. MESURE DES INDICATEURS BIOTOXICOLOGIQUES

Les 230 salariés impliqués dans la fabrication de la chaussure de l'échantillon des 22 entreprises retenu ont pu bénéficier d'un prélèvement urinaire (Annexe 2.2) en fin de semaine et en fin de poste de travail (Tableau 33) afin de doser les métabolites des solvants sélectionnés [40,55-57]. Ces prélèvements urinaires ont été effectués en références aux valeurs limites biologiques [17,21,46,47].

Tableau 33 : Les moments des interventions dans les entreprises

Procédé de fabrication	lieu d'installation	Congé hebdomadaire	Prélèvements métrologiques	Prélèvements urinaires
Industriel	Zone industrielle	Samedi *(après midi)* et Dimanche	Mercredi *(Matin)*	Vendredi *(après midi)*
Semi-industriel				
Artisanal	La Médina *(veille ville)*	Dimanche *(après midi)* et Lundi	Jeudi *(Matin)*	Samedi *(après midi)*

NB. : Entreprises semi-industrielles : certaines dans la médina et d'autres dans les zones industrielles

II.3.3. MISE AU POINT DES PROTOCOLES D'ANALYSES TOXICOLOGIQUES

II.3.3.1. DOSAGE DES SOLVANTS CIBLES DANS L'ATMOSPHERE [3,11,14]

Après désorption dans 5 ml de sulfure de carbone (Fluka®, ref 84710), le charbon actif a été analysé par chromatographie en phase gazeuse en mode d'étalonnage externe équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (CPG-FID) (Tableau 34 et 35, Figure 6) :

- Chromatographe SHI MADZU®, GC-9A ;
- Colonne capillaire Hewlett-Packard® HP-5MS (L = 60 m, diamètre interne = 0,25 mm, épaisseur de film = 0,25 µm).

Figure 5.a. Prélèvement l'atmosphère « individuel »

Figure 5.b. Prélèvement l'atmosphère « à poste fixe »

Tableau 34 : Conditions de préparation et d'analytiques des solvants cibles « Tube charbon actif : 200/800 » [14,31,38,40,50]

	Solvant	Acétone (C_3H_6O)	n-Hexane (C_6H_{14})	MEC (C_4H_8O)	Cyclohexane (C_6H_{12})	Trichloroéthylène (C_2HCl_3)	Toluène (C_7H_8)	Benzène (C_6H_6)
Désorption	*Solvant utilisé*	Sulfure de carbone						
	Quantité utilisée (ml)	5 ml pour la zone de validation et 1,5ml pour la zone témoin						
	Mode	agitation manuelle						
	Durée (mn) d'agitation	30 mn à température relativement basse						
	Matériels	Fioles jaugées, agitateurs à balancement, flacons de 10 ml en verre, micropipette						
Température de volatilisation des solvants		❶ 56,3°C	❷ 68.7°C	❸ 79.6°C	❹ 80.7°C	❺ 87.3°C	❼ 110.6° C	❻ 88°C
Méthode de dosage		**CPG-FID** (Chromatographie en Phase Gazeuse avec Détection par Ionisation de Flamme)						
Etalon externe		Acétone (C_3H_6O)	n-Hexane (C_6H_{14})	MEC ($C4H_8O$)	Cyclohexane (C_6H_{12})	Trichloroéthylène (C_2HCl_3)	Toluène (C_7H_8)	Benzène (C_6H_6)

MEC : Méthyléthylcétone

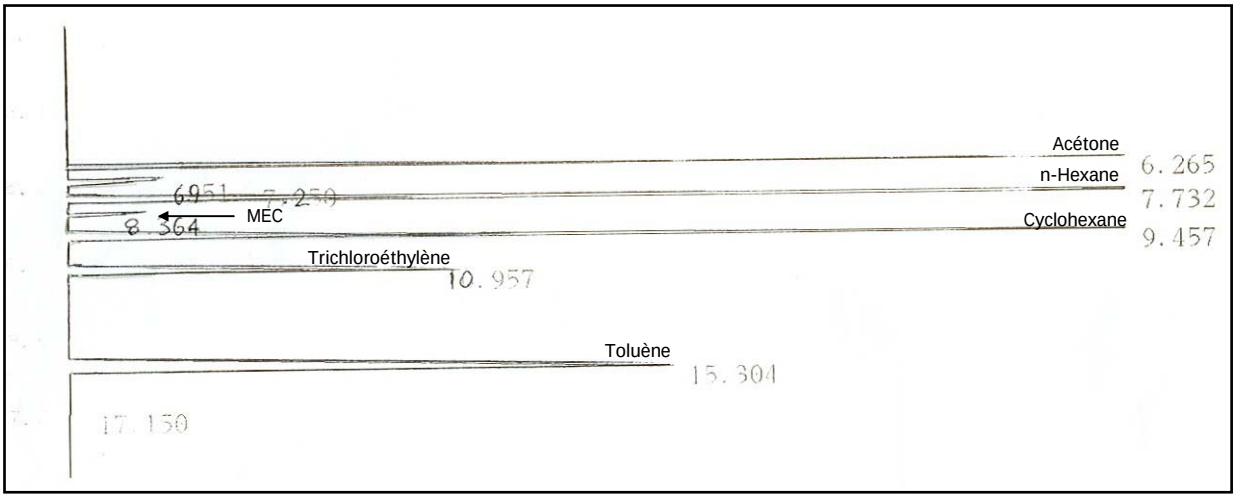


Figure 6. Chromatogramme d'un standard injecté dans les mêmes conditions d'analyse que celles des échantillons

Tableau 35 : Temps de rétention (mn), Concentration (mg/l) et Surface des pics des différents solvants étudiés

Solvant	Acétone	n-Hexane	MEC	Cyclohexane	Trichloroéthylène	Toluène
Temps de rétention (mn)	6,2	7,7	8,3	9,4	10,9	15,3
Surface du pic	882337	3552515	20758	2107460	892254	2678766
Concentration (mg/l)	14,10	11,78	14,37	13,89	26,16	15,48

II.3.3.2. DOSAGE DES METABOLITES DES SOLVANTS CIBLES DANS LES URINES [3,4,25,34,37,39,51,52]

Selon la nature des métabolites des solvants, nous avions prévu de les doser de la façon suivante (Figure 7 et Tableau 36) :

- soit par CPG-FID :
  - Chromatographe SHI MADZU®, GC-17A,
  - Colonne capillaire Hewlett-Packard® HP-1 (L = 60 m, diamètre interne = 0,25 mm, épaisseur de film = 1 µm).
- soit par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) :
  - Chromatographe AGILENT 1100 serie,
  - Colonne Shim-pack CLC-ODS (n) 15 cm.

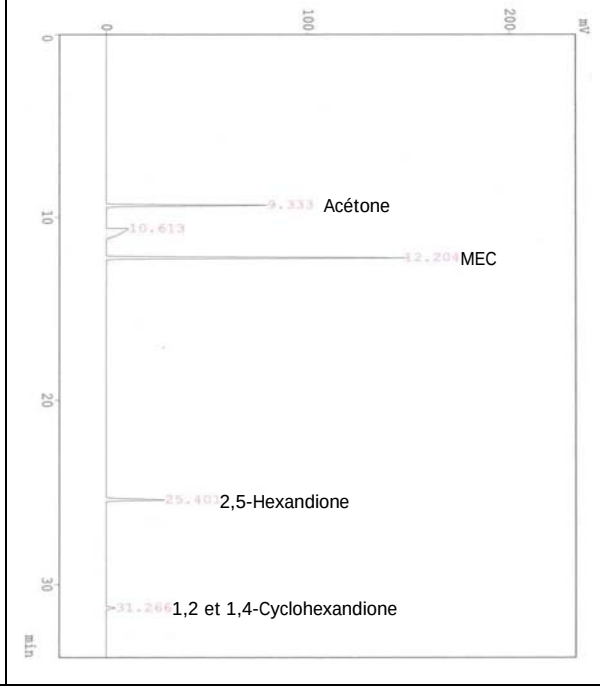
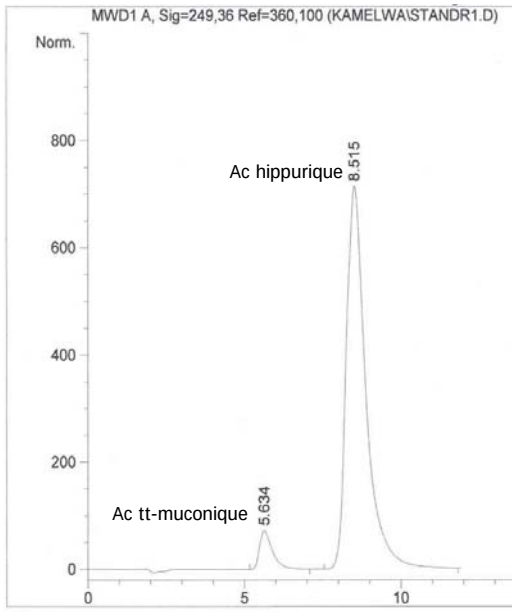
	CPG-FID	HPLC
Métabolite (Solvant)	**Acétone** (Acétone), **2,5-Hexanedione** (n-Hexane), **MEC** (MEC), **1,2 et 1,4-Cyclohexandiol** (Cyclohexane)	**Acide hippurique** (Toluène) **Acide Trans, trans muconique** (Benzène)
Chromatogramme		

Figure 7. Chromatogrammes de 2 standards injectés dans les mêmes conditions d'analyse que celles des échantillons

Tableau 36 : Temps de rétention (mn), Concentration (mg/l) et Surface des pics des différents métabolites étudiés

	CPG-FID				HPLC	
Métabolites	**Acétone**	**2,5-Hexanedione**	**MEC**	**1,2 et 1,4-Cyclohexandiol**	**Acide Trans, trans muconique**	**Acide hippurique**
Temps de rétention (mn)	9,333	12,204	25,401	31,266	5,6	8,5
Surface du pic	379899	762130	176371	29836	2062,5	31054,3
Concentration (mg/l)	3507,1	3614	957	174,4	13,5	1214

II.3.4. Valeurs Limites d'Exposition Biométrologique

En l'absence de valeurs limites d'exposition (métrologiques et biologiques) tunisienne [28,29], nous nous sommes référés aux valeurs françaises, et/ou valeurs américaines, et/ou aux valeurs allemandes. Nous avons adopté les valeurs les plus sévères pour notre étude (Tableau 37) [10,26,40,42,55,56].

II.3.4.1. Les Valeurs Moyennes d'exposition de reference et Indices d'Exposition

Les concentrations, mesurées sur les tubes de prélèvement échantillonnés sur un demi-poste de travail (4 heures de prélèvements pour un débit de 100 ml/mn), ont été comparées aux VME sélectionnées.

Les colles étant constituées de mélange de solvants, nous avons utilisé conventionnellement un indice d'exposition (I.exp) qui sert de comparaison aux valeurs limites [42,43]. Cet indice d'exposition est égal à :

$$I.exp = C_1/VME_1 + C_2/VME_2 + ...+ C_n/VME_n$$

C_n et VME_n étant respectivement la concentration et la valeur limite du polluant n.

Si I.exp est supérieur à 1, la valeur limite est considérée comme dépassée.

Calculé à partir de prélèvement à poste fixe, cet indice est appelé indice de pollution (I.pol).

II.3.4.2. Les Indice Biologiques d'Exposition de Reference

Les Indices Biologiques d'Exposition (IBE) des solvants utilisés ont été les suivants : l'acétone pour l'acétone, le 2,5-hexanedione pour l'hexane, le 1,2-cyclohexanediol pour le cyclohexane, le méthyléthylcétone pour le méthyléthylcétone, l'acide hippurique pour le toluène et l'acide trans, trans-muconique pour le bénzène [32,54,56,].

Tableau 37 : Valeurs limites d'exposition atmosphérique et biologiques des solvants étudiés [1,28,29,30,42,55,56]

Solvant	N° CAS[1]	France (UE[2]) VME[6] ppm[8]	France (UE[2]) VME[6] mg.m-3	USA (ACGIH[3]) TLV-TWA[7] ppm	USA (ACGIH[3]) TLV-TWA[7] mg.m-3	Allemagne (MAK[4]) ppm	Allemagne (MAK[4]) mg.m-3	Notre Etude (Tunisie) VM Adoptées ppm	Notre Etude (Tunisie) VM Adoptées mg.m-3
Acétone	67-64-1	500	1210	500	-	500	1200	**500**	**1200**
Cyclohexane	110-82-7	200	700	300	-	200	700	**200**	**700**
n-Hexane	110-54-3	20	72	50	-	50	180	**20**	**72**
Méthyléthylcétone (MEK, 2-Butanone)	78-93-3	200	600	200	-	200	600	**200**	**600**
Toluène	108-88-3	50	192	50	-	50	190	**50**	**190**
Trichloroéthylène	79-01-6	75	405	50	-	-	-	**50**	**-**
Benzène*	71-43-2	1	3,25	0,5	-	1	3,2	**0,5**	**1,6**

Solvant	Indice Biologique d'Exposition (IBE) « Urine »	France (UE) VGF[9] (1997)	USA (ACGIH) BEI[10]	Allemagne (DFG[5]) BAT[11]	Notre Etude (Tunisie) IBE Adoptés
Acétone	Acétone	100 mg/l	50 mg/l	80 mg/l	**50 mg/l**
Cyclohexane	1,2-cyclohexanediol	-	-	170 mg/g créat	**170 mg/g créat**
n-Hexane	2,5 hexanedione	-	0,4 mg/l	-	**0,4 mg/l**
Méthyléthylcétone (MEK, 2-Butanone)	Méthyléthylcétone	-	2 mg/l	5 mg/l	**2 mg/l**
Toluène	Acide hippurique	2500 mg/g créat	1600 mg/g créat	-	**1600 mg/g créat**
Trichloroéthylène	Acide trichloroacétique	100 mg/g créat	15 mg/l (Proposition 2007)	**A**	**15 mg/l**
Benzène*	Acide trans, trans-muconique	5 mg/l	0,5 mg/g créat	**B**	**0,5 mg/g créat**

(1) CAS : Chemical Abstract Service
(2) UE : Union Européenne
(3) ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
(4) MAK : Maximale Arbeitsplatz-konzentration
(5) DFG : Deutsche Forchungs-Gemeinschaft
(6) VME : Valeur Moyenne d'Exposition calculée par rapport à une période de référence de 8 heures de travail
(7) TLV-TWA : Time-Werghted Average (Valeurs moyennes pondérées sur 8 heures par jours et 40 heures par semaines)
(8) ppm : parts par million et par volume d'air
(9) VGF : Valeur Guide Française
(10) BEI : Biological Exposure Indices
(11) BAT : Bioloischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert (valeurs biologiques tolérées en milieu professionnel)

(A)[Trichloroéthylène] **dans l'air (ml/m³)**	**[Acide** trichloroacétique] **dans l'urine (mg/l)**
10	20
20	40
30	60
50	100

(B) [Benzène] **dans l'air (ml/m³)**	[Acide trans, trans-muconique] dans l'urine (mg/l)
0,3	-
0,6	1,6
0,9	-
1,0	**2,0**
2,0	3,0
4,0	5,0
6,0	7,0

III. RESULTATS

III.1. LES ENTREPRISES DE CHAUSSURES VOLONTAIRES

Suite à la phase de repérage des 92 entreprises de fabrication de chaussures, un échantillon de 22 entreprises a été sélectionné par tirage au sort afin de réaliser des interventions bio-métrologiques. Dix huit entreprises sur les 22 ont accepté de participer (soit un taux de participation de 81,8 %) (Tableau 38.a). Elles ont été réparties en 2 groupes selon le niveau d'activité : moyenne et importante (Tableau 38.b).

Au total, cinquante cinq prélèvements atmosphériques (PA), 33 individuels et 22 à postes fixes, de longues durées (à comparer à la VME) et 190 prélèvements urinaires (à comparer aux IBE) ont été réalisés (Tableau 38.a et b).

Tableau 38.a: Echantillon d'entreprises participantes aux interventions bio-métrologiques

Entreprises	Classe	Repérées	Prévues	Réalisées	Prélèvements Atmosphériques	Prélèvements Urinaires
Industrielles	1	26	6	**4**	17	105
Semi-industrielles	2	6	6	**5**	23	60
Artisanales	3	60	10	**10**	15	25
	Total =	**92**	**22**	**18**	**55**	**190**

Tableau 38.b : Liste des entreprises participantes et nombres des prélèvements réalisées

Période	Entreprise	Classe	Date d'Intervention	P. Atmo.	P. Urinaires	Niveau d'activité
1ère Période (28 mai au 21 juillet 2008)	BOUKOTAIA	3	28-mai-2008	2	4	**Moyenne** (fin des préparations de la collection d'été)
	LES ETOILES	1	30-mai-2008	5	24	
	DAMMAK A	3	31-mai-2008	1	1	
	LOUATI	3	4-juin-2008	1	2	
	SAFINEZ	2	5-juin-2008	5	8	
	PARMACREATION	2	15-juin-2008	4	6	
	DAMMAK N	3	15-juin-2008	1	2	
	JOYCA	2	18-juin-2008	5	21	
	BASTIA	3	14-juillet-2008	1	2	
	MEGA	3	21- juillet -2008	2	3	
Période de Congé (fermetures annuelles de 15 à 21 jours)						
2ème Période (27 août au 12 septembre 2008)	FATEN	1	27-août-2008	5	43	**Importante** (préparations de la collection d'hiver + rentrée scolaire et période des fêtes après le Ramadan)
	AMINE	1	28-août-2008	2	13	
	SOFAC	1	3-sept.-2008	5	25	
	DALY	2	10-sept.-2008	5	13	
	OSTER	3	11-sept.-2008	3	6	
	ARMEL	2	11-sept.-2008	4	12	
	LUZA	3	12-sept.-2008	2	3	
	YOSRA	3	12-sept.-2008	2	2	
			TOTAL =	**55**	**190**	

P. : Prélèvement Atmo. : Atmosphérique

III.2. LES DOSAGES ATMOSPHERIQUES DES SOLVANTS [TABLEAU S]

Les tableaux 39 et 40 synthétisent les principales données d'exposition recueillies au cours de cette étude. Les paramètres sont les suivants :

- ***Pour les prélèvements individuels ambulatoires :*** le nombre de mesures effectuées (n), la moyenne arithmétique des indices d'expositions ainsi que l'étendue des mesures.
- ***Pour les prélèvements à poste fixe :*** la taille de l'échantillon, la moyenne arithmétique et l'étendue des mesures.

III.2.1. EXPOSITION DES SALARIES SELON LE PROCEDE INDUSTRIEL

Les résultats directs par les mesures des concentrations atmosphériques (Tableau 39) montrent des niveaux élevés notamment dans les entreprises à procédé semi-industriel et artisanal type 1 dans les 2 périodes d'activités. Dans les entreprises artisanales type 2, il n'y a pas de dépassement au cours des 2 périodes de dosages.

III.2.2. EXPOSITION DES SALARIES EN FONCTION DU POSTE DE TRAVAIL

Les concentrations atmosphériques montrent des dépassements de l'I.exp et/ou l'I.pol pour les postes exposants (tigeurs, fondeurs et finition) dans les procédés industriel, semi-industriel et artisanal type 1 (Tableau 40). Le Poste de sérigraphie dans le procédé industriel a été marqué par un I.exp à 9,4 et qui est occupé par une femme.

III.2.3. LES CONCENTRATIONS ATMOSPHERIQUES DES SOLVANTS

L'ensemble des mesures effectuées dans les différentes entreprises montre que l'exposition aux solvants est variable d'un procédé à l'autre et d'un poste à l'autre (Tableau 41). Les concentrations atmosphériques moyennes de l'hexane sont particulièrement élevées notamment avec des dépassements de la VME au poste du tigeur, du fondeur et de la finition dans tous les procédés à l'exception du l'artisanal de type 2. Celles des autres solvants dosés (acétone, cyclohexane, méthyléthylcétone et toluène) ont été relativement élevées sans dépasser les VME.

Tableau 39 : Exposition atmosphérique des salariés en fonction du procès industriel

Procédé		Entreprise	Nombre de Poste	*Expositions individuelles*			*Prélèvements en ambiance*		
				Indice d'exposition (I.exp)			Indice de pollution (I.pol)		
				n	étendue	moyenne	n	étendue	moyenne
Industriel		Indus 1	5	3	0,3 – 1,1	0,7	2	0,5 – 0,8	0,6
		Indus 2	2	1	-	1,8	1	-	0,3
		Indus 3	5	4	0,9 – 9,4	3,7	1	-	0,8
		Indus 4	5	4	0,8 - 19,8	6,8	1	-	0,0
Semi-industriel		Semi-indus 1	5	3	0,4 – 1,2	0,7	2	0,0 – 0,3	0,1
		Semi-indus 2	5	4	0,5 – 2,0	1,0	1	-	0,4
		Semi-indus 3	4	2	0,2 – 2,5	1,3	2	0,2 – 0,4	0,3
		Semi-indus 4	5	4	0,9 – 2,4	1,7	1	-	0,1
		Semi-indus 5	4	1	-	5,6	3	4,3 – 8,8	6,8
Artisanal	Type 1	Artisanale 1	2	1	-	0,1	1	-	0,4
		Artisanale 2	1	/			1	-	0,7
		Artisanale 3	1	/			1	-	0,8
		Artisanale 4	3	2	0,4 - 1,7	1,1	1	-	1,6
		Artisanale 5	2	1	-	1,5	1	-	0,9
		Artisanale 6	2	2	1,6 - 3,4	2,5	/		
		Artisanale 7	2	1	-	6,4	1	-	5,1
	Type 2	Artisanale 8	1	/			1	-	0,5
		Artisanale 9	1	/			1	-	0,6
			Total = 33				**Total = 22**		

Tableau 40 : Exposition atmosphérique des salariés en fonction du poste de travail

Procédé	Poste de travail	Nombre de Poste	*Expositions individuelles*			*Prélèvements en ambiance*		
			Indice d'exposition (I.exp)			Indice de pollution (I.pol)		
			n	étendue	moyenne	n	étendue	moyenne
Industriel	Coupe	1	/			1	-	0,0
	Piquage	1	/			1	-	0,8
	Tigeur	4	3	0,9 – 19,8	8,4	1	-	0,5
	Fondeur	7	5	0,3 – 3,5	1,5	2	0,3 – 0,8	0,5
	Finition	3	3	0,9 – 1,8	1,2	/		
	Sérigraphie	1	1	-	9,4	/		
Semi-industriel	Tigeur	8	4	0,5 – 2,5	1,6	4	0,1 – 7,2	2,5
	Fondeur	12	10	0,2 - 5,6	1,8	2	0,2 – 8,8	4,5
	Finition	3	/			3	0,3 – 4,3	1,7
Artisanal	Tigeur	5	2	0,1 – 1,6	0,9	3	0,9 – 5,1	2,5
	Fondeur	8	5	0,4 - 6,4	2,7	3	0,4 – 0,7	0,6
	Tigeur/ Fondeur	2	/			2	0,5 – 06	0,6
		Total =	**33**		**Total =**	**22**		

Tableau 41 : Concentrations atmosphériques moyennes des solvants dosés

Procédé	Poste de travail	n	Acétone (mg/m³)		n-Hexane (mg/m³)		Métyléthylcétone (mg/m³)		Cyclohaxane (mg/m³)		Toluène (mg/m³)	
			étendue	moyenne	étendue	moyenne	étendue	moyenne	étendue	moyenne	étendue	moyenne
Industriel	Coupe	1	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
	Piquage	1	-	0,0	-	36,8	-	0,0	-	160,5	-	6,8
	Tigeur	4	0,0 – 1652,0	413,0	28,1 – 975,0	300,1	0,0 – 2656,9	776,6	0,0 – 183,8	66,8	13,6 – 321,0	103,5
	Fondeur	7	0,0 – 3077,3	439,6	14,3 – 139,3	51,9	0,0 - 121,4	17,3	0,0 – 72,1	21,2	00 – 71,9	21,3
	Finition	3	-	0,0	53,8 – 86,6	66,8	0,0 – 165,3	108,7	0,0 – 34,2	12,9	56 – 43,7	20,8
	Sérigraphie	1	-	0,0	-	401,8	-	1090,8	-	1281,1	-	38,6
Semi-industriel	Tigeur	8	0,0 – 114,3	16,1	0,0 – 204,0	57,4	0,0 – 509,5	113,4	-	118,5	4,4 – 500,0	106,6
	Fondeur	12	0,0 – 989,1	222,0	0,0 – 214,1	58,6	0,0 – 622,5	134,2	-	94,0	4,0 – 615,9	121,6
	Finition	3	0,0 – 474,3	158,1	0,0 – 116,0	43,8	0,0 – 350,3	136,2	-	3,9	10,3 – 329,0	130,4
Artisanal	Tigeur	5	0,0 - 217,6	43,5	0,0 – 112,8	52,9	0,0 – 334,5	124,0	-	111,5	7,8 – 480,0	138,5
	Fondeur	8	-	0,0	3,3 – 147,3	58,6	0,0 – 442,5	150,8	-	112,2	0,4 – 578,1	115,0
	Tigeur/ Fondeur	2	0,0 – 43,4	21,7	21,6 – 27,2	24,4	-	0,0	-	26,6	27,7 – 35,9	31,8

Total = 55

NB : le benzène : non dosé

Tableau S : 55 prélèvements atmosphériques (18 entreprises : "1" Indus, "2" Semi-Indus, "3" Art) Période : du 28 mai au 12 septembre 2008

PI : Prélèvement individuel - PF : Prélèvement fixe						Solvants	Acétone		n-Hexane		Méthyléthylcétone		Cyclohexane		Trichloroéthylène		Toluène		I.exp	
Ordre	Entreprise	Echantillon	T °C	Hum %	Type	Poste	[mg/m3]	[ppm]	[mg/m3]	[ppm]	[mg/m3]	[ppm]	[mg/m3]	[ppm]	[mg/m3]	[ppm]	[mg/m3]	[ppm]	Score	< ou > 1
1	3	[redacted]	26	63	PI	Fondeur	0,0	0,0	65,1	18,5	137,6	46,8	209,9	61,2	0,0	0,0	15,9	4,2	1,5	> 1
2	3	[redacted]	26	63	PF	Tigeur	0,0	0,0	38,1	10,8	79,9	27,2	118,5	34,5	0,0	0,0	7,8	2,1	0,9	< 1
3	1	[redacted]	27	60	PI	Fondeur	0,0	0,0	46,6	13,3	121,4	41,5	72,1	21,1	0,0	0,0	17,2	4,6	1,0	1
4	1	[redacted]	27	60	PI	Fondeur	3077,3	1304,1	53,9	15,4	0,0	0,0	63,1	18,4	0,0	0,0	20,3	5,4	3,5	> 1
5	1	[redacted]	27	60	PF	Piquage	0,0	0,0	36,8	10,5	0,0	0,0	160,5	47,0	0,0	0,0	6,8	1,8	0,8	< 1
6	1	[redacted]	27	60	PI	Tigeur	0,0	0,0	39,8	11,4	0,0	0,0	183,8	53,8	0,0	0,0	13,6	3,6	0,9	< 1
7	1	[redacted]	27	60	PI	**Sérigraphie**	0,0	0,0	401,8	114,8	1090,8	372,4	1281,1	374,7	0,0	0,0	38,6	10,3	9,4	> 1
8	3	[redacted]	30	37	PF	Fondeur	0,0	0,0	3,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	< 1
9	3	[redacted]	32	45	PF	Fondeur	0,0	0,0	48,9	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,4	0,7	< 1
10	2	[redacted]	32	60	PI	Fondeur	0,0	0,0	33,9	9,8	0,0	0,0	49,5	14,7	0,0	0,0	9,6	2,6	0,6	< 1
11	2	[redacted]	32	60	PI	Fondeur	0,0	0,0	16,3	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,8	8,4	0,4	< 1
12	2	[redacted]	32	60	PI	Fondeur	**728,8**	**314,0**	23,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,8	13,0	1,2	> 1
13	2	[redacted]	30	60	PF	Tigeur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	1,2	0,0	< 1
14	2	[redacted]	30	50	PF	Finition	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,9	14,0	0,3	< 1
15	2	[redacted]	27	58	PF	Fondeur	0,0	0,0	0,0	0,0	78,5	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,1	0,2	< 1
16	2	[redacted]	27	58	PI	Fondeur	0,0	0,0	0,0	0,0	107,0	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	3,4	0,2	< 1
17	2	[redacted]	28	58	PI	Tigeur	114,3	48,6	115,0	33,0	0,0	0,0	126,7	37,2	0,0	0,0	**117,0**	**31,3**	2,5	> 1
18	2	[redacted]	28	58	PF	Tigeur	14,7	6,2	16,5	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	6,3	0,4	< 1
19	3	[redacted]	27	58	PF	Tigeur/Fondeur	0,0	0,0	27,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,7	7,4	0,5	< 1
20	2	[redacted]	29	56	PI	Tigeur	0,0	0,0	27,9	8,0	**169,0**	**58,1**	0,0	0,0	0,0	0,0	21,6	5,8	0,8	< 1
21	2	[redacted]	29	56	PI	Tigeur	0,0	0,0	28,0	8,0	25,6	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	4,2	0,5	< 1
22	2	[redacted]	28	56	PI	Fondeur	0,0	0,0	94,0	26,9	**180,2**	**61,7**	12,2	3,6	0,0	0,0	74,8	20,0	2,0	> 1
23	2	[redacted]	29	56	PI	Fondeur	0,0	0,0	32,0	9,2	**60,1**	**20,6**	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	9,4	0,7	< 1
24	2	[redacted]	29	56	PF	Finition	0,0	0,0	15,3	4,4	**58,3**	**20,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	2,8	0,4	< 1
25	3	[redacted]	31	72	PF	Tigeur/Fondeur	43,4	18,6	21,6	6,3	0,0	0,0	53,3	15,8	0,0	0,0	35,9	9,7	0,6	< 1
26	3	[redacted]	31	68	PI	Fondeur	0,0	0,0	99,6	28,8	**293,9**	**101,7**	235,6	69,8	0,0	0,0	228,6	61,9	3,4	> 1
27	3	[redacted]	31	68	PI	Tigeur	217,6	93,5	41,3	11,9	0,0	0,0	50,0	14,8	0,0	0,0	143,6	38,9	1,6	> 1
28	1	[redacted]	31	56	PF	Fondeur	0,0	0,0	**57,0**	**16,5**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	< 1
29	1	[redacted]	31	56	PI	Fondeur	0,0	0,0	21,1	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	< 1
30	1	[redacted]	29	63	PF	Tigeur	0,0	0,0	28,1	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	5,6	0,5	< 1
31	1	[redacted]	31	64	PI	Finition	0,0	0,0	**59,9**	**17,3**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	5,6	1,5	0,9	< 1
32	1	[redacted]	31	64	PI	Finition	0,0	0,0	**53,8**	**15,6**	**160,9**	**55,7**	4,5	1,3	0,0	0,0	13,0	3,5	1,1	> 1
33	1	[redacted]	29	57	PI	Finition	0,0	0,0	86,6	24,9	**165,3**	**56,8**	34,2	10,1	0,3	0,1	43,7	11,8	1,8	> 1
34	1	[redacted]	29	60	PF	Fondeur	0,0	0,0	14,3	4,1	0,0	0,0	13,5	4,0	0,0	0,0	10,2	2,7	0,3	< 1
35	1	[redacted]	31	70	PI	Fondeur	0,0	0,0	30,9	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**71,9**	**19,5**	0,8	< 1
36	1	[redacted]	31	70	PI	Fondeur	0,0	0,0	139,3	40,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	7,9	2,1	> 1
37	1	[redacted]	31	70	PI	Tigeur	1652,0	709,5	157,7	45,6	**449,6**	**155,5**	18,0	5,3	0,0	0,0	58,5	15,8	4,7	> 1
38	1	[redacted]	31	70	PI	Tigeur	0,0	0,0	975,0	282,2	2656,9	919,1	65,3	19,3	0,6	0,1	321,0	86,9	19,8	> 1
39	1	[redacted]	30	70	PF	Coupe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	< 1
40	2	[redacted]	28	58	PF	Tigeur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	3,0	0,1	< 1
41	2	[redacted]	33	63	PI	Tigeur	0,0	0,0	**67,9**	**19,8**	**202,9**	**70,7**	213,4	63,7	0,0	0,0	**159,2**	**43,4**	2,4	> 1
42	2	[redacted]	33	58	PI	Fondeur	0,0	0,0	41,9	12,2	0,0	0,0	102,3	30,5	0,0	0,0	**87,2**	**23,8**	1,2	> 1
43	2	[redacted]	33	55	PI	Fondeur	0,0	0,0	78,1	22,8	0,0	0,0	170,5	50,9	0,0	0,0	**161,6**	**44,0**	2,2	> 1
44	2	[redacted]	33	58	PI	Fondeur	32,9	14,2	26,5	7,7	**163,7**	**57,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	**47,5**	**12,9**	0,9	< 1
45	3	[redacted]	31	64	PI	Fondeur	0,0	0,0	23,3	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8	6,2	0,4	< 1
46	3	[redacted]	31	64	PI	Fondeur	0,0	0,0	**68,5**	**19,8**	**298,1**	**103,1**	0,0	0,0	0,0	0,0	**46,1**	**12,5**	1,7	> 1
47	3	[redacted]	31	64	PF	Tigeur	0,0	0,0	72,2	20,6	**205,6**	**71,1**	7,9	2,3	0,0	0,0	**46,5**	**12,6**	1,6	> 1
48	2	[redacted]	32	70	PF	Fondeur	**989,1**	**426,1**	214,1	62,2	622,5	216,0	516,5	153,6	0,0	0,0	615,9	167,3	8,8	> 1
49	2	[redacted]	32	70	PF	Finition	**474,3**	**204,4**	116,0	33,7	**350,3**	**121,6**	11,8	3,5	0,0	0,0	329,0	89,4	4,3	> 1
50	2	[redacted]	32	70	PF	Tigeur	0,0	0,0	204,0	59,3	**509,5**	**176,8**	607,9	180,7	0,0	0,0	500,0	135,8	7,2	> 1
51	2	[redacted]	32	70	PI	Fondeur	**913,0**	**393,4**	143,6	41,7	**398,1**	**138,2**	277,6	82,5	0,0	0,0	332,6	90,3	5,6	> 1
52	3	[redacted]	29	66	PI	Fondeur	0,0	0,0	147,3	42,4	**442,5**	**152,1**	427,1	125,7	0,4	0,1	578,1	155,5	6,4	> 1
53	3	[redacted]	29	66	PF	Tigeur	0,0	0,0	112,8	32,4	**334,5**	**114,9**	335,9	98,9	0,0	0,0	480,0	129,1	5,1	> 1
54	3	[redacted]	29	48	PF	Fondeur	0,0	0,0	13,1	3,8	34,2	11,8	24,9	7,3	0,0	0,0	26,3	7,1	0,4	< 1
55	3	[redacted]	33	50	PI	Tigeur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,4	13,5	0,0	0,0	14,7	4,0	0,1	< 1

Pour des raisons de confidencialité les noms des entreprises ont été cachés

III.3. LES DOSAGES URINAIRES DES METABOLITES [TABLEAU M]

Nous nous sommes limités à doser les échantillons urinaires réalisés pendant la première période : étape où les entreprises sont en activité moyenne (du 28 mai au 28 juillet 2008).

III.3.1. LES METABOLITES DOSES PAR HPLC

Le tableau 42 synthétise les principales données des dosages urinaires des métabolites des 2 solvants : l'acide hippurique et l'acide trans,trans-muconique, biomarqueurs respectifs du toluène et du benzène. Les paramètres sont les suivants : le nombre de prélèvements urinaires effectués (n) par poste de travail et par sexe, la moyenne arithmétique des concentrations urinaires des métabolites ainsi que l'étendue des concentrations.

L'acide hippurique a été notamment élevé avec des moyennes qui dépassent la VME chez certains salariés dans le procédé semi-industriel pour la majorité des postes de travail y compris celui de la coupe. Nous avons noté des valeurs particulièrement élevées chez les artisans de type 2 alors que nous n'avons pas mis de dépassement de la VME du toluène dans ce procédé industriel.

L'acide trans,trans-muconique a été mis en évidence dans le procédé industriel et artisanal type 1 avec des moyennes variant de 1,2 à 3,1 mg/g créatinurie dépassant de loin la VME.

III.3.2. LES METABOLITES DOSES PAR CPG

Les données des dosages urinaires des métabolites des 4 solvants : l'acétone, le 2,5-hexandione, le méthyléthylcétone et le 1,2-cyclohexandiol biomarqueurs respectifs de l'acétone, de l'hexane, du MEC et cyclohexane n'ont pas été exploitable pour un problème technique de CPG (la non reproductibilité des résultats).

Tableau 42 : Dosages urinaires de l'Acide hippurique et de l'Acide trans,trans-muconique en fonction du poste de travail

Procédé	Poste de travail	Opérateur	n	Acide hippurique (mg/g créat) étendue	Acide hippurique (mg/g créat) moyenne	Acide trans,trans-muconique (mg/g créat) étendue	Acide trans,trans-muconique (mg/g créat) moyenne
Industriel *« 1 entreprise »* 13 hommes et 9 femmes	**Piquage**	**Homme**	4	124,3 – 222,3	159,1	0,8 – 3,5	1,7
	Tigeur	*Homme*	*2*	*80,8 – 242,2*	*161,5*	*0,7 – 1,6*	*1,2*
		Femme	*5*	*33,9 – 352,5*	*190,9*	*0,9 – 4,4*	*2,4*
		Total	**7**	**33,9 – 352,5**	**182,5**	**0,7 – 4,4**	**2,1**
	Fondeur	**Homme**	5	57,0 – 359,7	192,7	0,2 – 6,0	3,1
	Finition	*Homme*	*2*	*67,7 – 138,0*	*102,8*	*1,7 – 1,9*	*1,8*
		Femme	*3*	*71,5 - 381,7*	*194,7*	*1,5 – 5,5*	*2,8*
		Total	**5**	**67,7 - 381,7**	**158,0**	**1,5 – 5,5**	**2,4**
	Sérigraphie	**Femme**	1	-	180,3	-	1,6
Semi-industriel *« 3 entreprises »* 25 hommes et 8 femmes	**Coupe**	**Homme**	2	207,3 – 6768,1	3487,7	0,1 – 0,7	0,4
	Piquage	**Homme**	1	-	749,3	-	0,0
	Tigeur	*Homme*	*9*	*380,4 – 9322,3*	*3112,7*	*00 - 03*	*0,1*
		Femme	*3*	*25,5 -5358,6*	*3523,9*	*00 - 02*	*0,1*
		Total	**12**	**25,5 – 9322,3**	**3215,5**	**0,0 – 0,3**	**0,1**
	Fondeur	**Homme**	11	546,7 – 7277,2	2349,4	0,0 – 0,4	0,1
	Finition	*Homme*	*2*	*2178,0 – 2609,5*	*2393,8*	*0,0 – 0,4*	*0,2*
		Femme	*5*	*0,0 -2823,9*	*1117,6*	*0,0 – 0,0*	*0,0*
		Total	**7**	**0,0 – 2823,9**	**1482,2**	**0,0 – 0,4**	**0,1**
Artisanal *« 6 entreprises »* 13 hommes	**Tigeur**	*Homme*	*4*	*295,8 -1775,0*	*903,4*	*0,0 - 2,2*	*1,5*
	Fondeur	*Homme*	*5*	*57,5 - 4582,7*	*1086,3*	*0,1 – 2,9*	*1,6*
	Tigeur/Fondeur	*Homme*	4	440,2 - 4784,5	3292,5	0,0 – 0,2	0,1

Tableau M : 68/73 prélèvements urinaires analyses des 190 réalisés
(10 entreprises : 6 artisaneles, 3 semi-industrielles et 1 industrielle)

								Créat urinaire	Ac hippurique		Ac trans,trans muconique	
Num	Entreprise	Classe	Atelier	Poste W	Id Prélév.	Opérateur : Prénom et NOM	Sexe	10^{-3} g/l	mg/l	ac hipp/créat (mg/g)	mg/l	acttm/créat (mg/g)
1		3		Fondueur			M	170,0	28,5	57,5	0,2	1,3
2				Fondueur			M	157,5	124,0	250,5	0,5	2,9
3				Tigreur			M	150,0	557,3	1125,9	0,3	1,9
4				Tigreur			M	147,5	206,4	417,0	0,2	1,6
5		1		Fondueur			M	50,0	28,2	57,0	0,3	6,0
6				Tigeur			F	58,5	68,5	138,4	0,2	3,0
7				Fondueur			M	148,5	73,1	147,7	0,5	3,2
8				Tigeur			M					
9				Fondueur			M					
10				Tigeur			F	102,5	174,5	352,5	0,1	0,9
11				Tigeur			F	127,0	119,2	240,8	0,2	1,3
12				Tigeur			M	225,0	40,0	80,8	0,4	1,6
13				Fondueur			M	270,0	61,4	124,1	0,1	0,2
14				Serigraphie			F	77,5	89,3	180,3	0,1	1,6
15				Tigeur			F	157,0	93,5	189,0	0,4	2,4
16				Tigeur			F	48,5	16,8	33,9	0,2	4,4
17				Fondueur			M	128,5	178,0	359,7	0,3	2,0
18				Fondueur			M	137,5	136,2	275,1	0,5	3,9
19				Tigeur			M	232,0	119,9	242,2	0,2	0,7
20				Finition			M	96,5	33,5	67,7	0,2	1,9
21				Finition			M	186,5	68,3	138,0	0,3	1,7
22				Finition			F	137,5	188,9	381,7	0,2	1,5
23				Finition			F	70,0	35,4	71,5	0,4	5,5
24				Finition			F	170,0	64,8	130,9	0,2	1,5
25				Picage			M	105,0	66,5	134,3	0,1	0,8
26				Picage			M	222,5	77,0	155,6	0,3	1,5
27				Picage			M	160,0	61,5	124,3	0,2	1,1
28				Picage			M	170,0	110,0	222,3	0,6	3,5
29		3		Fondueur			M	102,5	45,4	91,7	0,2	1,7
30		3		Fondueur			M	167,5	222,3	449,1	0,3	2,0
31				Tigreur			M	146,5	146,4	295,8	0,3	2,2
32		2		Fondueur			M	64,0	1186,1	2396,2	0,0	0,2
33				Fondueur			M	40,0	743,6	1502,3	0,0	0,3
34				Fondueur			M	64,0	783,9	1583,6	0,0	0,2
35				Tigreur			M	177,5	2562,8	5177,3	0,1	0,3
36				Coupe			M	166,5	102,6	207,3	0,1	0,7
37				Picage			M	809,0	370,9	749,3	0,0	0,0
38				Tigreur			M	130,0	188,3	380,4	0,0	0,1
39				Finition			M	75,0	1078,1	2178,0	0,0	0,4
40		2		Tigreur			M	215,0	4614,6	9322,3	0,0	0,0
41				Tigreur			F	130,0	2567,8	5187,4	0,0	0,0
42				Tigreur			F	92,5	2652,5	5358,6	0,0	0,2
43				Fondueur			M	110,0	3602,2	7277,2	0,0	0,4
44				Fondueur			M					
45				Coupe			M	217,5	3350,2	6768,1	0,0	0,1
46		3		Tigeur/Fondueur			M	125,0	2368,3	4784,5	0,0	0,2
47				Tigeur/Fondueur			M	65,0	1979,1	3998,1	0,0	0,1
48		2		Fondueur			M					
49				Fondueur			M	495,0	270,6	546,7	0,0	0,0
50				Fondueur			M	545,0	744,1	1503,3	0,0	0,0
51				Fondueur			M	640,0	865,8	1749,0	0,0	0,0
52				Fondueur			M	645,0	817,4	1651,3	0,0	0,0
53				Fondueur			M	505,0	808,0	1632,3	0,0	0,0
54				Fondueur			M	265,0	1463,2	2955,9	0,0	0,1
55				Fondueur			M	382,5	1507,5	3045,4	0,0	0,0
56				Tigeur			M	407,5	1351,2	2729,8	0,0	0,0
57				Tigeur			M	300,0	726,3	1467,2	0,0	0,0
58				Tigeur			M	340,0	1942,9	3925,1	0,0	0,1
59				Tigeur			M	455,0	1260,7	2546,8	0,0	0,0
60				Tigeur			M	360,0	650,5	1314,1	0,0	0,0
61				Tigeur			M	620,0	570,0	1151,6	0,0	0,0
62				Tigeur			F	280,0	12,6	25,5	0,0	0,0
63				Finition			F	240,0	64,7	130,7	0,0	0,0
64				Finition			F	295,0	211,4	427,0	0,0	0,0
65				Finition			F	440,0	0,0	0,0	0,0	0,0
66				Finition			F	355,0	1092,2	2206,5	0,0	0,0
67				Finition			F	405,0	1397,8	2823,9	0,0	0,0
68				Finition			M	545,0	1291,7	2609,5	0,0	0,0
69		3		Tigeur/Fondueur			M	715,0	1953,9	3947,2	0,0	0,1
70				Tigeur/Fondueur			M	195,0	217,9	440,2	0,0	0,0
71		3		Tigeur			M	707,5	878,6	1775,0	0,0	0,0
72				Fondueur			M	815,0	2268,4	4582,7	0,1	0,1
73				Tigreur			M	670,0				

Pour des raisons de confidencialité les noms des entreprises et de leurs salariés ont été cachés

Ac : Acide

Echantillon vide (pas d'urine)

IV. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

IV.1. CRITIQUES ET BIAIS

Nous avons du subir un certain retard dans la réalisation de nos prélèvements atmosphériques et par conséquent un retentissement sur la qualité de nos données en raison de différentes difficultés liées :

- En grande partie, à la lourdeur des démarches administratives à suivre en Tunisie pour l'acquisition d'un matériel à usage scientifique qui est en général un produit importé. Nous avons mis plus d'une année pour avoir les pompes de prélèvement atmosphérique (mai 2006 : prise de contact avec le fournisseur, jusqu'à juin 2007 : réception de la commande).
- Parallèlement, à la mise au point des protocoles d'analyses des solvants et leurs métabolites. Elle a nécessité des recherches bibliographiques et des essais répétés au laboratoire puisqu'il n'a pas été réalisé de transfert technologique (Nord-Sud) [14,35,37].

Les prélèvements atmosphériques et urinaires ont été réalisés selon les critères prévus dans le tableau 33 : Nous avons pu faire les dosages des prélèvements atmosphériques sur tube à charbon actif après les avoir conservé à +4°C et qui se sont déroulés dans un délai court. Nous n'avons pas eu cette possibilité pour les prélèvements urinaires, et nous étions obligés de les congeler puisque nous n'avons pas ni de techniciens capable de réaliser ces dosages ni du matériel suffisant (un seul CPG). Ce CPG a eu d'ailleurs des problèmes techniques et nous n'avons pas eu la possibilité d'exploiter ces résultats car les modalités de conservation n'ont pas été respectées. Seuls les résultats des métabolites faits par HPLC (l'acide hippurique et l'acide trans, trans-muconique) ont été analysés.

IV.2. MATERIEL D'ECHANTILLONAGE ATMOSPHERIQUE

Ce matériel présente un grand intérêt pour développer ce type de mesures et analyses toxicologiques dans la région de Sfax. En effet, c'est la 1ère fois qu'il y a eu l'acquisition de tel matériel de prélèvement actif dans le domaine de la santé au travail en Tunisie et la mise en place d'une démarche structurée en toxicologie professionnelle et de l'environnement par le laboratoire 3E dans une nouvelle thématique « Impact des substances dangereuses sur l'environnent et la santé humaine ».

IV.3. LES DOSAGES BIOMETROLOGIQUES

Depuis une dizaine d'année l'emploi des solvants est en pleine révolution, à cause des contraintes de prévention des risques professionnels, mais surtout à cause d'exigences réglementaires de la protection de l'environnement. Ces évolutions

réglementaires induisent des modifications dans la nature des solvants appliqués et dans la façon de les utiliser [27,30,42]. Parallèlement le nombre de salariés exposés ne cesse d'augmenter en Tunisie. Ce ci est confirmé sur le plan international (en France) : L'enquête SUMER 2003 a montré que le nombre de salariés exposés à des solvants a augmenté depuis 1994 passant de 12,2% à 14,7% principalement dans l'industrie chimique [53].

Ainsi, les études d'évaluation du risque dans divers secteurs utilisant les solvants ont été entamées mais le secteur de fabrication de la colle est resté peu exploré. C'est le cas de l'étude de Poirot et Hubert-Pelle [42] qui a évalué les expositions aux solvants par des prélèvements atmosphériques dans diverses activités industrielles, mais pas dans la fabrication de la colle.

Si ces prélèvements atmosphériques et analyses biotoxicologiques ont été faits pour la première fois dans le secteur de la fabrication de chaussures à Sfax, ils ont intéressé un échantillon d'entreprises des trois procédés de fabrication de chaussures (industriel, semi-industriel et artisanal) précédés par une appréciation préliminaire du risque avec une étude de poste et un inventaire des produits manipulés [16,20]. Cette évaluation de risque pourrait être améliorée suite à l'expérience que nous avons acquise et avec la meilleure connaissance de ce secteur et l'hiérarchisation du risque dans ce secteur.

Les résultats des prélèvements atmosphériques ont permis de confirmer que les écarts existants entre les différentes entreprises de chaussures et les différents postes de travail étaient globalement ceux qui avaient été estimés de façon indirecte par l'observation des postes de travail.

Tous les prélèvements effectués dans les entreprises indiquent que l'exposition des salariés aux solvants organiques est très variable selon la tache effectuée.

Nous constatons, dans la partie gauche du tableau 39, consacrée aux indices d'exposition établis à partir des prélèvements de longue durée (I.exp) des dépassements des valeurs limites, type VME, particulièrement dans les postes les plus exposants : le tigeur, le fondueur et la finition.

En Espagne, selon Cardona [30,31], la concentration atmosphérique moyenne de l'hexane et du toluène avait été respectivement 47 mg/m^3 et 86 mg/m^3 avec une étendue respective de 4 à 652 et de 2 à 1143 mg/m^3.

La mise en évidence de l'acide hippurique dans les urines de certains salariés avec des dépassements de la valeur limite alors que nous n'avons pas mis de dépassement

de la VME du toluène dans certaines entreprises, elle pourrait être expliquée par un passage cutané surtout que nous n'avons pas mis une utilisation de gants par les salariés lors de la manipulation des préparations utilisées pour la fabrication de chaussures (colles, diluants, décapants).

La présence de l'acide trans,trans-muconique dans les analyses urinaires avec des dépassement de la valeur limite biologique fixée à 0,5 mg/g créat (tableau 37) chez certains salariés des entreprises de chaussures industrielles ou artisanales alors que l'inventaire des produits manipulés dans la fabrication des colles et des chaussures n'a pas mis la présence de manipulation du benzène ou de l'essence sans plomb :

- Soit qu'il s'agit des contaminations par des impuretés qui existaient dans les solvants utilisés.
- Soit une contamination environnementale par les échappements des voitures (essence sans plomb 95) surtout que la majorité des salariés dans ces entreprises de chaussure utilisent comme moyen de transport les deux roues (bicyclette ou moto).

Toutefois l'analyse de quelques échantillons des produits manipulés dans la fabrication des préparations utilisées dans l'industrie de chaussures est fortement recommandée. Aussi démarrer une étude environnementale pour vérifier la qualité de l'air dans les grands axes de circulation à Sfax, ville connue par sa pollution, et faire des dosages urinaires à la recherche du métabolite du benzène chez des exposés aux échappements de voitures (comme les agents de la circulation, les mécaniciens d'auto) et des non exposées.

V. CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'apporter des informations sur l'exposition chronique aux solvants dans l'industrie de chaussures et d'établir un premier constat sur les profils d'exposition aux solvants dans ce secteur. Mais l'exposition aux solvants n'est pas constante dans le temps et varie en fonction de la tâche réalisée et du procédé utilisé. Dés lors, l'étude de l'exposition au poste de travail nécessite de connaître non seulement l'exposition moyenne par rapport à la VME, mais aussi de repérer les phases polluantes pour déterminer l'exposition de courte durée par rapport à la VLE.

Dans ce cadre nous avons planifié dans les mois prochains 2 objectifs à court terme :

- compléter les analyses des échantillons urinaires (la 2ème campagne des interventions) ; et transmettre les rapports d'analyses atmosphériques et urinaires aux chefs des entreprises ; et à chaque salarié le résultat de ses analyses urinaires ;
- faire des prélèvements atmosphériques pour mesurer la VLE en complément des mesures de VME déjà faites puisque nous avons constaté lors des interventions des périodes pendant les quelles les niveaux des concentrations des solvants dans les locaux étaient très importantes, comme par exemple au cours des opérations de transvasements des préparations solvantées.

Dans le secteur de fabrication des chaussures, et suite à la phase identification des solvants et à la mise en évidence de dépassements des concentrations atmosphériques de produits dangereux, nous nous intéresserons aux caractères cancérogènes de certaines préparations et surtout à leur potentiel toxique pour la reproduction, puisque nous avons noté une présence féminine dans ce secteur de fabrication de chaussures de plus en plus importante et des cas de stérilités de couple [8,45].

VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Armstrong TW, Caldwell DJ, Verma DK.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hyg 2005,2:600-7.
2. **Baldasseroni A, Bavazzano P, Buiatti E, Lanciotti E, Lorini C, Biggeri A.** Occupational exposure to n-hexane in Italy, analysis of a registry of biological monitoring. Int Arch Occup Environ Health 2003,76:260-6.
3. **Boeckelmann I, Pfister EA.** Influence of occupational Exposure to organic solvent mixtures en contrast sensitivity in printers. J Occup Environ Med 2003,45:25-33.
4. **Calafat AM, Kklenyik Z, Caudill SP, Ashley DL.** Urinary levels of trichloacetic acid, a disinfection by-product in chlorinated drinking water, in a human reference population. Environ Health Perspect 2003, 111:151-4.
5. **Cardona A, Marhuenda D, Marti J, Brugnone F, Roel J, Perbellini L.** Biological monitoring of occupational exposure to n-hexane by measurements of urinary 2,5-hexadione. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:71-4.
6. **Cardona A, Marhuenda D, Prieto M J, Marti J, Periago J-F, Sanchez J-M.** Behaviour of urinary 2,5-hexanedione in occupational co-exposure to n-hexane and acetone. Int Arch Occup Environ Health 1996,68:88-93.
7. **Centre Technique Cuir Chaussure Maroquinerie (CTC).** Secrets de fabrication de la chaussure en Bande Dessinée. [En ligne] www.ctc.fr/faq/questions.php3?theme=1 (Consulté le 29.02. 2008)
8. **Cho SI, Damokosh AI, Ryan AI, Chen D, Hu YA, Smith T.** Effects of exposure to organic solvents on menstrual cycle length. J Occup Environ Med 2001,43:567-75.
9. **Cocco P, Giuseppina Tocco M, Ibba A, Scano L, Grazia Ennas M, Flore C, Sanna Randaccio F.** Trans, trans-muconic acid excretion in relation to environmental exposure to benzene. Int Arch Occup Environ Health 2003,76:456-60.
10. **Courtois B.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France) décembre 2007, ED 984 : 19 pages
11. **Delinsky A D, Bruckner J V, Bartlett M G.** A review of analytical methods for the determination of trichloroethylene and its major metabolites chloral hydrate, trichloroacetic acid and dichloroacetic acid. Biomed Chromatogr 2005,19: 617-39.
12. **Dor F, Bonvallot N.** Identification des dangers : une étape de l'évaluation des risques sanitaires à approfondir. Environnement, Risque et Santé 2005,6:279-87.
13. **Dubeau M.** Vapeurs et Gaz. In : Hygiène du Travail. 4ème Edition. Le Griffon d'argile inc. Québec, Canada 1985 : 415-523. ISBN 2-920210-34-3
14. **Eller PM, Cassinelli ME.** NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 4th Edition. CDC. USA: 1994. [En ligne] www.cdc.gov/niosh/nmam (Consulté, le 15.08.2006)
15. **Galland B, Courtois B.** Solvants organiques dans l'atmosphère des lieux de travail : les détecteurs portables à lecture directe. National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France). Aide mémoire technique 2005, ED 952 : 12 pages.
16. **Gonzalez M, Velten M, Cantineau A.** Evaluation de l'exposition aux solvants dans une étude épidémiologique portant sur 249 salariés. Arch Mal Prof Env 1999,60:432-4.
17. **Grandjean P, Budtz-Jørgensen E.** Total imprecision of exposure biomarkers: Implication for calculating exposure limites. Am J Ind Med 2007,50:712-9.
18. **Hertsenberg S, Brouwer D, Lurvink M, Rubingh C, Rijnders E, Tielemans E.** Quantitative self-assessment of exposure to solvents among shoe repair men. Ann Occup Hyg 2007,51:45-51.
19. **Hervé-Bazin B.** Guide d'évaluation de l'exposition au risque toxique sur les lieux de travail par échantillonnage de l'atmosphère. ND 1730-135-89. Cahier Notes Doc 1989,135:265-88.

20. **INERIS** (**I**nstitut **N**ational de l'**E**nvi**R**onnement industriel et des r**IS**ques). Guide d'évaluation des risques sanitaires. INERIS 2003: 152 pages.
    [En ligne] http://chimie.ineris.fr/fr/lespdf/guide_ERS.pdf (Consulté, le 17.09.2008)
21. **Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).** Ventilation des ateliers d'encollage de petits objets (chaussures). Guide pratique de ventilation (n° 5) 1987, ED 672:28 pages
22. **INRS. Base de données « Métropol »** [En ligne] www.inrs.fr (Consulté le 20.03. 2006)
23. **IRSST** (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) **- Direction des opérations.** Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu du travail. IRSST, Canada (8ème édition) 2005. T-06:191 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)
24. **IRSST.** Fiche des substances du guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. [En ligne] www.irsst.qc.ca/fr/_listersst.html (Consulté le 20.03. 2006)
25. **Johns DO, Dills RL, Morgan MS.** Evaluation of dynamic headspace with gas chromatography/ mass spectrometry for the determination of 1,1,1-trichloroethane, trichloroethanol, and trichloroacetic acid in biological samples. Jour Chromatogr B 2005, 817:255–61.
26. **JORF.** Décret n° 2007-1539 du 26 octobre 2007 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en conseil d'état). JORF, 28 octobre 2007 : Texte 13 sur 52 (NOR : *TST0760893D*).
27. **JORF.** Décret n° 2008-602 du 25 juin 2008 relatif au recyclage et au traitement des déchets issus des produits textiles d'habillement, des chaussures ou du linge de maison neufs destinés aux ménages. JORF n° 149 du 27 juin 2008 (NOR : *DEVP0772293D*).
28. **JORT**. Loi n° 94-28 du 21 févier 1994, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. JORT, 22 février 1994 n° 15 : 308-18.
29. **JORT**. Loi n° 95-56 du 28 juin 1995, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. JORT, 4 juillet 1995 n° 53 : 1419-24.
30. **JOUE.** Directive 2006/15/CE du 7 février 2006 établissant une deuxième liste de valeurs listes indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du conseil et portant modification des directives 91/322/CE et 2000/39/CE. JOUE du 9.2.2006: L36-L39 (FR).
31. **Kawai T, Miyama Y, Horiguchi S, Sakamoto K, Zhang Z-W, Higashikawa K, Ikeda M.** Possible metabolic interaction between hexane other solvents co-exposed at sub-occupational exposure limit levels. Int Arch Occup Environ Health 2000,73:449-56.
32. **Kawai T, Yasugi T, Mizunuma K, Horiguchi S-I, Ikeda M.** Comparative evaluation of blood and urine analysis as tool for biological monitoring of n-hexane and toluene. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:S123-S6.
33. **Larry L. Needham, Antonia M. Calafat, Dana B. Barr.** Uses and issues of biomonitoring. Int J Hyg Environ Health 2007, 210:229–38.
34. **Lof A, Hjelm EW, Colmsjo A, Lundmark BO, Norström A and Sato A.** Toxicokinetics of toluene and urinary excretion of hippuric acid after human exposure to toluene. Br J Ind Med 1993,50:55-9.
35. **Mckee RH, Medeiros AM, Daughtrey WC.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hygiene 2005,2:524-42.
36. **Moulin JJ, Romazini S, Lasfargues G, Peltier A, Bozec C, deguerry P et al.** Elaboration d'une matrice emplois-expositions dans l'industrie productrice de métaux durs en France. Rev Epidem Santé Publ 1997, 45:41-51 ;
37. **O'Donnell GE, Juska A, Geyer R, M. Faiz,. Stalder S.** Analysis of trichloroacetic acid in the urine of workers occupationally exposed to trichloroethylene by capillary gas chromatography. Jour Chromatogr A 1995,709:313-7.
38. **Pergiago JF, Cardona A, Marhuenda D, Roel J, Villanueva M, Marti J, Luna A.** Biological monitoring of occumational exposure to n-hexane by exhaled air analyis and urinalysis. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:275-8.

39. **Perico A, Cassinelli C, Brugnone F, Bavazzano P, Perbellini L.** Biological monitoring of occupational exposire to cyclohexane by urinary 1,2- and 1,4-cyclohexanediol determination. Int Arch Occup Environ Health 1999,72:115-20.
40. **Pillière F, Conso F.** Biotox : Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. INRS (France) septembre 2007, ED 791:252 pages [En ligne] www.inrs.fr (Consulté le 15.09.2007)
41. **Pilorget C, Dananché B, Luce D, Févoltte J.** Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers – Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers. Institut de Veille Sanitaire (Fr) 2007: 21 pages [En ligne] www.invs.sante.fr (Consulté le 02.09.2008)
42. **Poirot P, Hubert-Pelle G.** Profils d'exposition aux solvants et comparaison aux valeurs limites de courte durée. ND 2235-200-05. Cahier Notes Doc 2005,200:83-93.
43. **Poirot P, Subra I, Baudin V, Héry M, Chouanière D, Vincent R.** Détermination du profil d'exposition à moyen terme de peintres en bâtiment. ND2125-179-00. Cahier Notes 2000, 179: 5-13.
44. **Preller L, Burstyn I, De Pater N, Kromhout H.** Characteristics of peaks on inhalation exposure to organics solvents. Ann occup Hyg 2004,48:643-52.
45. **Saillenfait AM, Robert E.** Exposition professionnelle aux solvants et grossesse. Etat des connaissances épidémiologiques. Rev Epidemiol Sante Publ 2000,48:374-88.
46. **Schneider O, Brondeau M-T.** Indices Biologiques d'Exposition. ND 2245-202-06. Cahier Notes Doc 2006,202:49-65.
47. **Schulz C, Angerer J, Ewers U, Kolossa-Gehring M.** The German Human Biomonitoring Commission. Int J Hyg EnvironHealth 2007, 210:373–82.
48. **SKC Inc.** - Air sample pumps, calibrators & accessories. - Sorbent sample tubes and collection media [En ligne] http://www.skcinc.com/ (Consulté le 15.03. 2006)
49. **Société Française de Médecine du Travail.** Surveillance médicale des salariées exposées à des substances toxiques pour le développement fœtal. Arch Mal Prof Env 2005,66:165-76.
50. **Soulage C, Perrin D, Berenguer P and Pequignot JM**. Sub-chronic exposure to toluene at 40 ppm alters the monoamine biosynthesis rate in discrete brain areas. Toxicology 2004,196:21-30.
51. **Takeuchi A, Kawai T, Zhang Z-W, Miyama Y, sakamoto, Higashikawa K, Ikeda M.** Toluene, xylenes and xylene isomers in urine as biological indicators of low-level exposure to each solvent, a comparative study. Int Arch Occup Environ Health 2002,75:387-93.
52. **Takeuchi A, Kawai T, Zhang Z-W, Miyama Y, sakamoto, Higashikawa K, Ikeda M.** Comparison of unchanged n-hexane in alveolar air and 2,5-hexanedione in urine for the biological monitoring of n-hexane exposure in human volunteers. Int Arch Occup Environ Health 2004,77:264-70.
53. **Testud F, Lambert-Chhum R.** Exposition toxique professionnelle chez la femme enceinte. I : Evaluation du risque à l'échelon individuel. Arch Mal Prof Env 2003,64:1-5.
54. **Tkaukiainen A, Vehmas T, Rantata K, Numinen M, Martikainen R, Taskinen H.** Results of common laboratory tests in solvent-exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 2004, 77:39-46.
55. **Triolet J.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses. Valeurs de l'ACGIH (Etats-Unis) et de la Commission MAK (Allemagne). ND 2114-176-99. Cahier Notes Doc 1999,176:59-90.
56. **Truchon G.** Guide de surveillance biologique : Prélèvement et interprétation des résultats. IRSST, Canada (6ème édition) 2004. T-03:92 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 19.05.2005)
57. **William W, Ernest L, Christiani DC.** Biomarker research in occupational health. J Occup Environ Med 2005,47:145-53.
58. **Wilson MP, Katharine Hammond S, Nicas M, Hubbard AE.** Worker exposure to volatile organic compounds in the vehicle repair industry. J Occup Environ Hyg 2007,4:301-10.

PARTIE III

UTILISATION D'UN INDICATEUR PRECOCE DE NEUROTOXICITE : LA POSTUROGRAPHIE

Table des matières

I. Introduction..... 79

II. Matériel et Méthodes..... 81
II.1. Définition de l'exposition..... 81
II.2. Echantillonnage de la population..... 81
II.2.1. Critères d'inclusion..... 81
II.2.2. Critères d'exclusion..... 82
II.3. Méthodes..... 82
II.3.1. Mesures Biométrologiques..... 82
II.3.1.1. Métrologie d'ambiance..... 82
II.3.1.2. Mesure indicateurs biotoxicologiques..... 82
II.3.2. Exploration fonctionnelle de l'équilibre..... 83
II.3.2.1. Test statique..... 83
II.3.2.2. Test dynamique « sinus lent »..... 83
II.3.2.3. Posturographie QFP Test..... 84
II.3.2.3.1. Plate-forme QFP..... 84
II.3.2.3.2. Procédure du test posturographique avec QFP..... 88

III. Publications..... 91
III.1. Evaluation of occupational exposure to organic solvents in an adhesive-producing company in Sfax, Tunisia..... 92
III.1.1. Introduction..... 94
III.1.2. Material and Methods..... 94
III.1.2.1. Presentation of the Company..... 94
III.1.2.2. Study Population..... 95
III.1.2.3. Composition of the Dissolved Adhesive..... 95
III.1.2.4. Evaluation of the Exposure to Solvents..... 95
III.1.2.4.1. Measurements of integrated exposure on a half-station and sample tube analyses..... 95
III.1.2.4.2. Measure indicating biotoxicology..... 96
III.1.2.5. Exposure Limit Values (Metrological and Biological)..... 96
III.1.2.5.1. Median Exposure Values of Reference and Indices of Exposure..... 96
III.1.2.5.2. Biologic Exposure Indices (BEI) of reference..... 97
III.1.3. Results..... 97
III.1.3.1. Studied Company..... 97
III.1.3.1.1. Description of the workshops..... 79
III.1.3.1.2. Products and quantities handled..... 98
III.1.3.2. Metrological and biotoxicological measurements..... 98
III.1.3.2.1. Atmospheric measurements..... 98
III.1.3.2.2. Urinary proportionings..... 98
III.1.3.3. The workshop of dissolved adhesive..... 99
III.1.4. Discussion..... 99
III.1.5. Conclusion..... 101
III.2.6. References 101

III.2. Effect of chronic and subchronic organic solvents exposure to balance control in workers in plant manufacturing adhesive materials 108
III.2.1. Introduction..... 110
III.2.2. Material and Methods..... 111
III.2.2.1. Subject..... 111
III.2.2.2. Metrology and biological exposure indicator..... 111
III.2.2.3. Posturographic test..... 112
III.2.2.4. Statistical analysis..... 114
III.2.3. Results..... 114
III.2.4. Discussion..... 115
III.2.5. Conclusion..... 117
III.2.6. References 117

IV. Conclusion..... 124

V. Références bibliographiques..... 125

I. INTRODUCTION

Les polluants environnementaux comportent une série de classes chimiques parmi lesquelles les solvants organiques sont les plus importants. Ils sont présents dans divers produits tels que les aérosols, les peintures, les adhésifs et les matériaux de construction [30]. La prédominance de ces composés dans l'atmosphère signifie que l'exposition aux solvants organiques est généralement inévitable et de nombreuses personnes sont fréquemment exposées aux niveaux bas pendant des périodes prolongées. L'exposition à long terme aux solvants organiques affecte diverses structures sensorielles et motrices du système nerveux central (SNC) aussi bien que ses fonctions cognitives [7,77]. D'ailleurs, l'exposition aux solvants augmente le risque d'accidents professionnels, particulièrement des glissades et des chutes. Ces types d'accidents pourraient être principalement dus à un déficit et, plus en particulier, dans les fonctions impliquées dans la commande d'équilibre [73].

La commande d'équilibre est assurée par des mécanismes du maintien et de la stabilisation posturaux, exigeant la gestion de l'orientation du corps dans l'espace par le traitement central des afférences visuelles, vestibulaires et neurosensitives. L'utilisation d'information sensorielle de sources multiples est une orientation nécessaire du corps en ce qui concerne la verticale et la stabilisation contre des perturbations externes. Deux modes d'interaction entre ces entrées ont été identifiés, effet et choix additifs. L'effet additif est caractérisé par l'effet de chaque entrée supplémentaire à l'effet d'autres entrées. Quand une des entrées est supprimée, cet effet peut en partie expliquer les mécanismes compensatoires produits. Le choix est à sens unique pour résoudre des situations sensorielles de conflit et pour consister à choisir une entrée, qui devient dominant. L'efficacité optimale des mécanismes de régulation posturaux est nécessaire puisque les situations sont plus complexes pour contrôler, en particulier dans des situations contradictoires sensorielles [43].

Il y a une littérature substantielle sur les effets des solvants organiques volatils chez les personnes professionnellement exposées de manière chronique. On a régulièrement retrouvé le vertige parmi les plaintes communes [27,35,38]. Ces symptômes sont connus pour être liés avec des effets neurotoxiques sur le SNC, y compris la structure responsable de la commande d'équilibre. Néanmoins, peu de travaux ont étudiés ces effets neurotoxiques après exposition chronique au solvants organiques volatils par la posturographie [29,36,74,78]. Toutes ces études ont conclu que la posturographie est une technique utile pour des effets neurotoxiques d'évaluation sur le SNC. Dans notre étude, le *n-hexane* est présent dans divers matériaux industriels, particulièrement communs comme composant de solvant pour le personnel utilisant les colles. Quant à ses modèles d'utilisation dans les industries, le *n-hexane* est utilisé plus typiquement en combinaison avec d'autres solvants tels

que le toluène, le méthyléthylecétone, l'acétone etc… [11,12,58]. La neuropathie périphérique a été rapportée chez l'homme exposé industriellement au *n-hexane* ou par l'abus de colle ou des solvants contenant le *n-hexane* [22]. On a observé d'autres symptômes, tels que céphalées, anorexie, vertiges et diminution de la vitesse de conduction du nerf moteur après exposition chronique dans la gamme de 200-460 mg/m3 [62]. Cependant, les effets neurotoxiques dus à une exposition chronique à de bas niveau n'ont pas été explorés, en particulier sur la commande d'équilibre.

Les études de cas sont nombreuses chez l'homme exposé aux concentrations élevées du toluène et elles ont indiqué des effets neurologiques chez les adultes. Plusieurs études ont montré des changements significatifs chez les ouvriers après une exposition chronique dans la gamme de 157-251 mg/m3 sur la perception chromatique, les potentiels évoqués auditifs de cerveau et les paramètres comportementaux [1,9,15,17,75]. Les effets nuisibles du toluène sur le système nerveux central ont été très explorés par Arlien-Søborg [3]. La neurotoxicité du toluène est bien documentée pour les doses élevées des expositions professionnelles et de nos jours on s'interroge pour des doses très inférieures. Peu d'études ont été entreprises pour comprendre l'effet de basses doses de toluène sur une longue durée [66] et en particulier les effets neurotoxiques supplémentaires dus à une exposition chronique sur la commande d'équilibre.

Des précédentes recherches ont suggéré que l'exposition à long terme aux solvants organiques mélangés puisse altérer des fonctions neuromotrices mesurées par la posturographie [29,74,78]. Tandis qu'il y a des effets évidents de la toxicité aiguë des solvants organiques de « hautes doses » chez les animaux et les hommes, les effets des « basses doses » avec de longues périodes d'exposition et leurs mécanismes de neurotoxicité ne sont pas biens compris. Etant donné la prédominance de ces composés dans le milieu ambiant et de leur capacité d'obtenir des effets toxiques chez l'homme, un profil plus complet de leur neurotoxicité chronique est nécessaire. Tandis qu'une exposition aux concentrations élevées est facilement observable, une exposition à de basses concentrations exige une sensibilisation des essais. À cet égard, pour évaluer la neurotoxicité de l'exposition à des bas niveaux permanants aux solvants organiques volatils, les essais doivent sensibiliser par des sollicitations élevées du SNC par l'utilisation des situations contradictoires sensorielles pendant un enregistrement de commande d'équilibre par « posturographie ». Le but de cette étude était d'évaluer la neurotoxicité d'une exposition chronique aux solvants organiques volatils en plus des effets chroniques d'exposition à de basses concentrations au-dessous des valeurs limites, chez les ouvriers dans une entreprise de fabrication de la colle, particulièrement ses conséquences sur le système nerveux central avec ou sans situations contradictoires sensorielles sur la commande d'équilibre.

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. DEFINITION DE L'EXPOSITION

L'hypothèse est formulée selon laquelle une exposition professionnelle aux solvants est susceptible d'altérer l'équilibre et la vigilance des salariés ainsi à la survenue d'accidents du travail (figure 8).

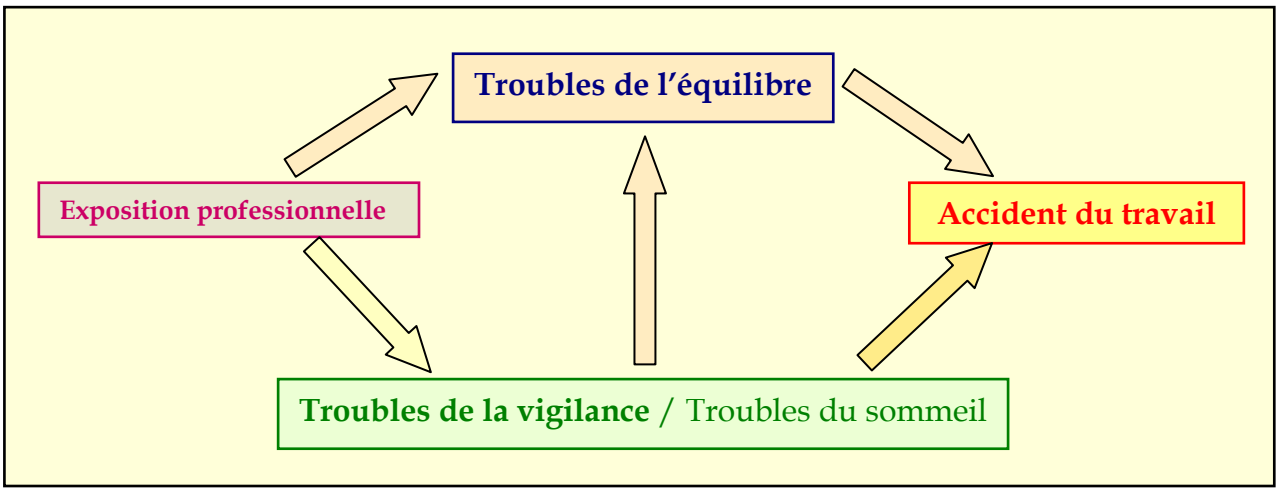


Figure 8. Trouble de la vigilance et accidents du travail

Notre étude porte sur un maillon de cette chaîne causale : ***relations entre exposition professionnelle et troubles de l'équilibre et de la vigilance***. Cette étude de type épidémiologique étudiera les différences entre sujets exposés et non exposés aux solvants organiques en ayant recours à des outils d'exploration fonctionnelle posturographiques.

II.2. ECHANTILLONNAGE DE LA POPULATION

Les salariés exposés et témoins ont été recrutés au sein des zones industrielles de la ville de Sfax :

- 25 Salariés exposés (groupes exposés) de la société Industrielle de Fabrication de la colle « SIFCOL » ;
- 48 salariés non-exposés (groupes témoins) : d'une entreprise du secteur agro-alimentaire « Masmoudi PATISSERIE ».

II.2.1. CRITERES D'INCLUSION

Les salariés exposés et témoins concernés, ont été ceux affectés dans les ateliers et les laboratoires du contrôle de la qualité des 2 entreprises.

Un appariement entre exposés et non exposés a été fait selon :

- le sexe,
- l'âge (par classe de 5 ans),
- le rythme de travail (horaires fixes ou postés).

II.2.2. CRITERES D'EXCLUSION

- femme enceinte,
- traitement par antihistaminique, par antidépresseur, prise de somnifères,
- pathologie ostéo-articulaire du membre inférieur, en particulier traumatique, survenue dans les 6 derniers mois,
- pathologie neuromusculaire,
- pathologie vestibulaire,
- pathologie du système nerveux central.

II.3. METHODES

La méthode comporte 2 aspects menés en parallèle :

- des mesures des niveaux d'exposition d'ambiance et biologiques,
- des tests d'exploration de la fonction d'équilibre.

II.3.1. MESURES BIOMETROLOGIQUES

II.3.1.1. METROLOGIE D'AMBIANCE

Pour mesurer la concentration des solvants dans l'atmosphère, des prélèvements individuels et/ou à poste fixe ont été réalisés : un système de prélèvement individuel placé à proximité des voies respiratoires (ou à poste fixe mis à une hauteur moyen des voies respiratoires par rapport au sol), et composé d'une pompe de prélèvement : Poket Pump (Pump SKC® 210-1002 TX) à débit régulier à 100 (±5%) cm^3/mn et d'un tube de piégeage (800 et 200 mg) constitué de charbon actif (Tube SKC® 226-16) pour une durée de 4 heures, adapté à l'échantillonnage des solvants utilisés dans la fabrication des colles solvantées [17,18].

Les comparaisons des résultats de ces prélèvements ont été effectuées en référence aux Valeurs Moyennes d'Exposition (VME) des solvants calculée par rapport à une période de référence de 8 heures de travail/jour et 39 heures/semaine (Tableau 37) [13,31,33,34,53,54,63,70-71].

Après désorption dans 5 ml de sulfure de carbone, le charbon actif a été analysé par chromatographie en phase gazeuse (CPG) en mode d'étalonnage externe avec colonne semi-capillaire et détecteur à ionisation de flamme.

II.3.1.2. MESURE D'INDICATEURS BIOTOXICOLOGIQUES

Tous les salariés impliqués dans la fabrication de la colle soit 25 salariés ont bénéficié d'un prélèvement urinaire en fin de semaine et en fin de poste de travail (le jeudi après midi) afin de doser les métabolites des solvants sélectionnés [51,53,72]. Ces prélèvements urinaires ont été effectués en références aux valeurs limites biologiques (Tableau 37) [20,63].

II.3.2. EXPLORATION FONCTIONNELLE DE L'EQUILIBRE

La fonction d'équilibre fait intervenir des informations vestibulaires, visuelles, proprioceptives et extéroceptives. Ces afférences sensorielles convergent vers les noyaux vestibulaires du tronc cérébral, qui les intègrent et permettent l'organisation de réponses réflexes motrices se traduisant par des mouvements compensatoires des yeux et du corps. Différents moyens d'investigation sont proposés pour évaluer cette fonction. Il s'agit de l'***Evaluation de la posture par tests posturographiques***.

L'ensemble des sujets a été soumis à des épreuves de posturographie statique et dynamique sur une plate-forme de forces verticales (Toennies GmbH, Freiburg, Allemagne), composée d'un plateau reposant sur 4 jauges de pression réparties aux angles. La posturographie statique permet d'apprécier la qualité naturelle et hiérarchique des entrées sensorielles des sujets en matière d'équilibre et la posturographie dynamique permet d'apprécier les réactions posturales consécutives à des déstabilisations quantifiées.

II.3.2.1. TEST STATIQUE

Les déplacements du centre de pression des pieds (CPP) sont enregistrés pendant 20 secondes. Les valeurs obtenues permettent l'enregistrement de deux tracés : le stabilogramme qui représente l'amplitude des déplacements du CPP, en fonction du temps d'enregistrement, dans les plans frontal et sagittal et le statokinésiogramme permettant de visualiser, selon une abscisse droite/gauche et une ordonnée antéropostérieure, les positions moyennes du CPP au cours de l'enregistrement (durée de 20 seconde). On peut ainsi mesurer les déplacements antéropostérieurs, latéraux, la longueur totale et la surface décrite par ces déplacements. Les 2 derniers paramètres correspondent respectivement à la défense d'énergie mise en jeu par le sujet pour réguler son équilibre et à la précision du contrôle postural [52].

Chaque test est réalisé en condition yeux ouverts (YO) puis yeux fermés (YF) afin de quantifier le poids de l'afférence visuelle dans le contrôle de l'équilibre statique par l'intermédiaire du quotient de Romberg (QR) :

- le ***QR longueur*** est le rapport entre la *longueur parcourue* par le CPP en condition YF et celle parcourue en condition YO ;
- le ***QR surface*** est le rapport entre la *surface décrite* par le CPP en condition YF et celle parcourue en condition YO.

II.3.2.2. Test dynamique « sinus lent »

Ce test évalue l'adaptation posturale du sujet, face à une situation déstabilisante. En régime dynamique, des mouvements de bascule pointes de pied vers le haut/pointes du pied vers le bas avec une amplitude de 4° à la fréquence de 5 Hz, sont appliqués à la plate-forme. Pour chaque sujet, les déplacements antéropostérieurs du CPP sont

enregistrés et analysés par les transformées rapides de Fourier (FTT, Fast Fourrier Transformations). Ainsi, la présence de pics de basse fréquence (environ 0,05 Hz) traduit l'instabilité du sujet au cours de l'épreuve, tandis que la présence de pics de haute fréquence (environ 0,1 Hz) traduit les ajustements posturaux du sujet, face à la déstabilisation (mouvements de tête, de doigts, d'épaules …).

Ces tracés permettent de définir la stratégie d'équilibre utilisée, par le sujet, en réponse à la déstabilisation. Trois types stratégie ont été définis du degré d'instabilité [52].

II.3.2.3. POSTUROGRAPHIE QFP TEST

Dans le cadre de la coopération et l'échange ; et vu l'intérêt commun sur l'évaluation de l'exposition professionnelle aux solvants organiques une convention a été signée avec l'Equipe de recherche ERI 11 [EP]²R* (Annexe A3.0) permettant le transfert d'une plate-forme QFP (Figure 9) de Nancy pour 21 jours à partir du 10 février 2007 afin de réaliser les mesures posturographiques.

II.3.2.3.1. PLATE-FORME QFP (Figure 9)

Des épreuves de posturographie statique ont été réalisées sur ***une plate-forme de forces verticales (QFP Médicapteur, Nice, France)*** à partir de laquelle sont enregistrées les positions du CPP et ses déplacements durant 20 secondes à une fréquence d'échantillonnage de 40 Hz. Cette plate-forme, composée d'un plateau reposant sur 3 ponts de jauge avec une électronique basée sur un convertisseur analogique/numérique 16 bits et isolée électriquement de l'ordinateur par pont optique, était couplée au ***logiciel d'exploitation WinPosture 2000*** (Figure 10).

Les caractéristiques métrologiques du convertisseur ont permis une précision de l'ordre de 0,1 mm. La longueur (Lg) parcourue et la surface (S) couverte par les déplacements du CPP ont été enregistrées. La surface prise en compte est une ellipse de confiance englobant 90 % des points enregistrés (Figure 11). Cette procédure permet d'éliminer 10 % des points extrêmes qui peuvent être causés par des mouvements parasites et qui ne reflètent pas la régulation posturale. L'obtention de valeurs faibles aux paramètres Lg et S traduit une bonne stabilité du sujet. Le paramètre Lg représente la dépense d'énergie mise en jeu par le sujet pour réguler son équilibre, et le paramètre S, la précision du contrôle postural [52].

* **L'Equipe de recherche ERI 11 [EP]²R** « Evaluation et Prévention des Risques Professionnels et Environnementaux » de l'INSERM à la faculté de médecine de Nancy, dirigée par le Professeur Denis ZMIROU-NAVIER, conduit des travaux sur la mesure des effets d'expositions professionnelles aux solvants par la mesure des troubles du contrôle postural, travaux dirigés par le Professeur Philippe PERRIN

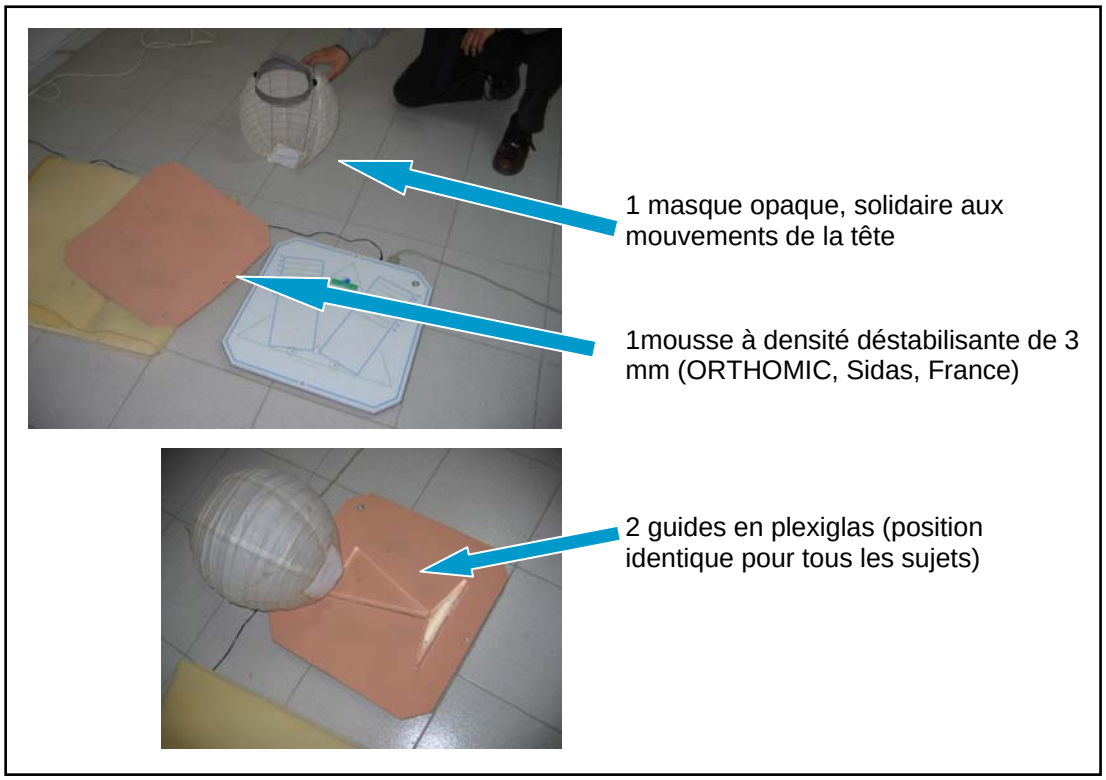


Figure 9. Plateforme à jauges de forces

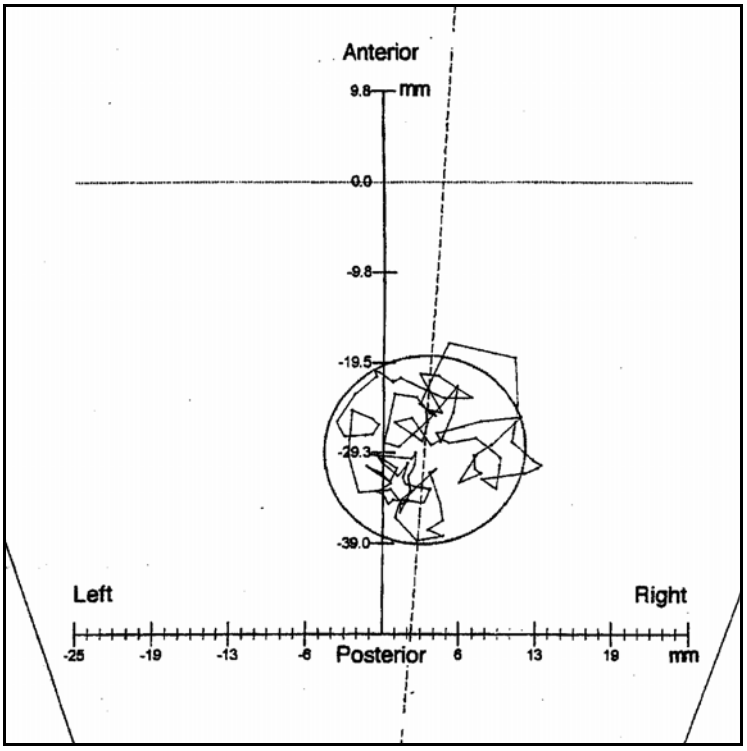


Figure 11. Posturographie statique, statokinésigramme (Médicapteur - QFP SystèmesNice).

[Longueur parcourue (ligne brisée) et surface couverte (ellipse de confiance à 90%) par le centre de pression des pieds]

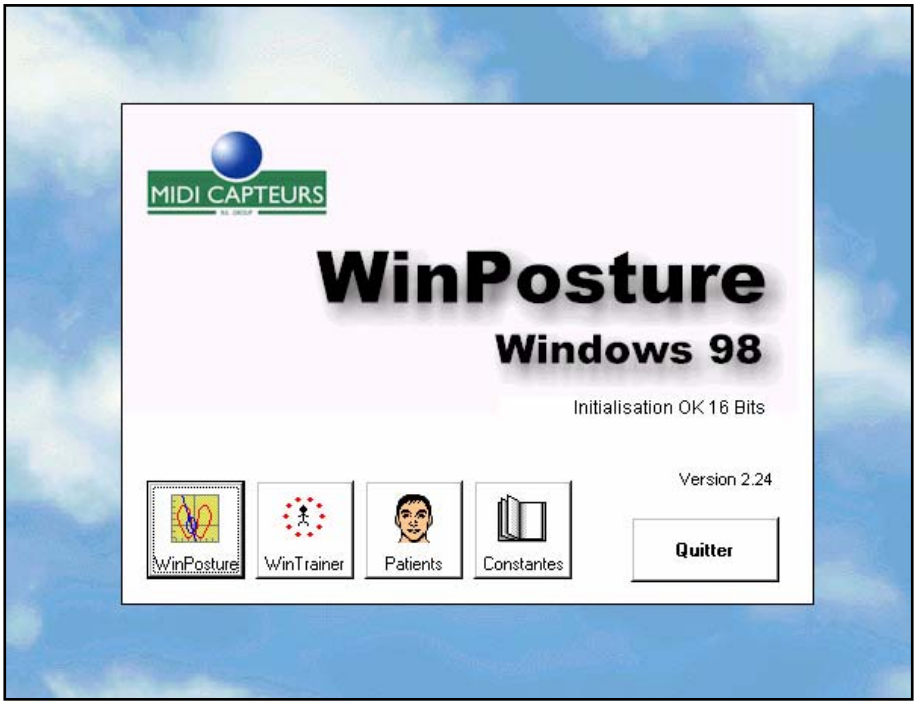


Figure.10.a. Logiciel d'acquisition WINPOSTURE

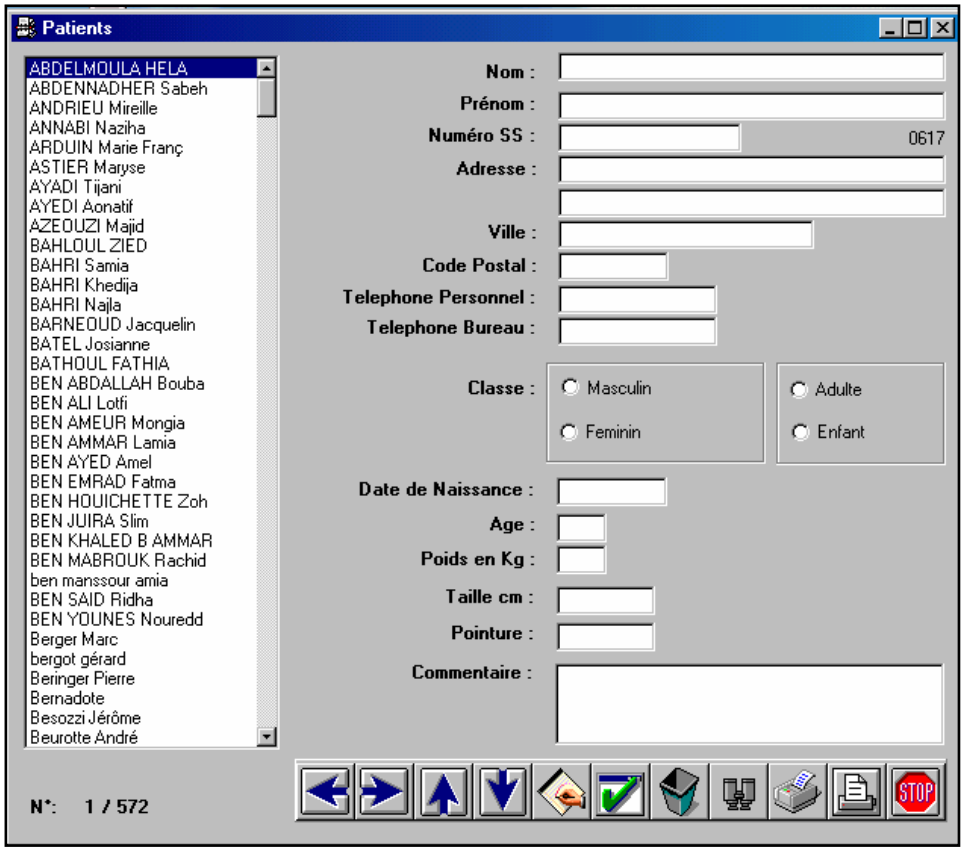


Figure 10.b. Logiciel d'acquisition WINPOSTURE : Interface « Enregistrement d'un candidat »

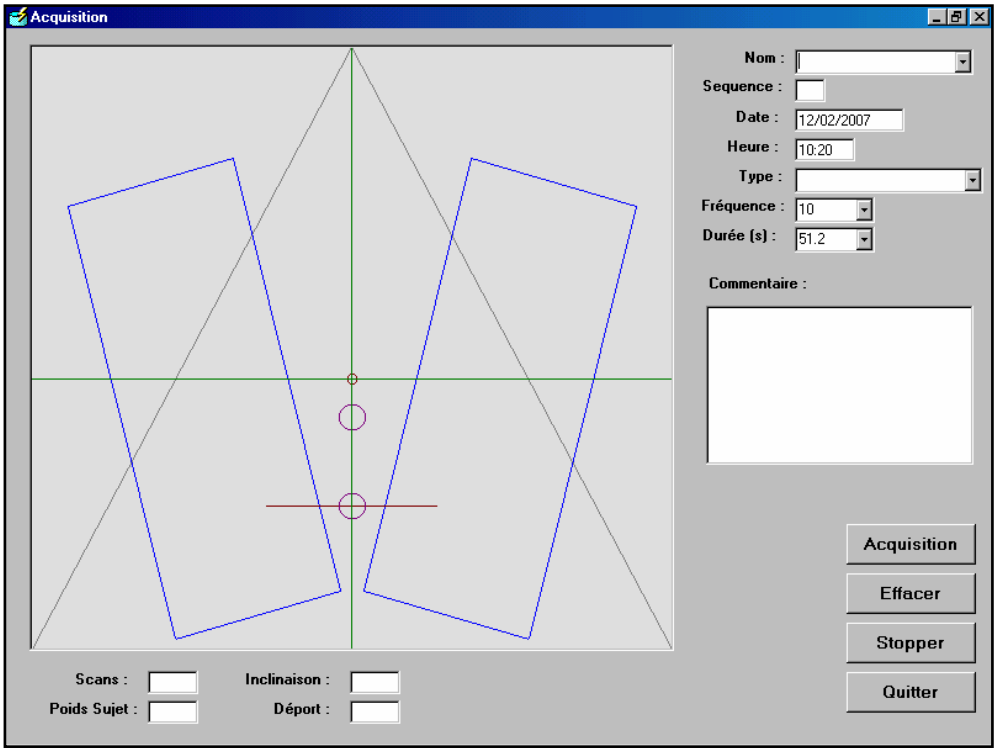


Figure.10.c. Logiciel d'acquisition WINPOSTURE : « Interface d'acquisition »

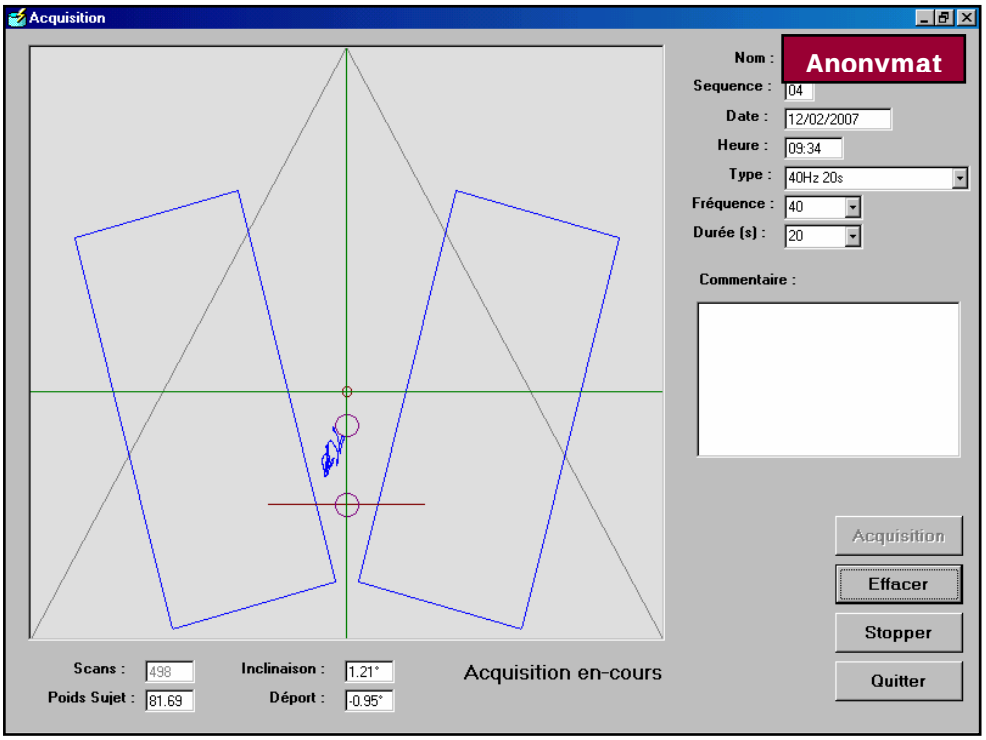


Figure.10.d : En cours d'acquisition

II.3.2.3.2. PROCEDURE DU TEST POSTUROGRAPHIQUE AVEC QFP

L'ensemble des sujets a été testé lors de six conditions de difficulté croissante évaluant leur capacité à utiliser efficacement les afférences sensorielles et à supprimer celles qui n'étaient pas appropriées (Tableau 43). Pour fausser les informations, les afférences somatosensorielles ont été altérées en plaçant sur la plate-forme un support en mousse d'une épaisseur de 3 mm (ORTHOMIC, Sidas, France). Ce dernier perturbe à la fois les informations en provenance des récepteurs plantaires et les paramètres biomécaniques des réactions de rééquilibration, augmentant ainsi le poids des autres entrées sensorielles [52]. Les informations visuelles ont été asservies aux déplacements de la tête des sujets par le port d'un masque opaque et solidaire des mouvements de la tête (Figure 12).

- Dans les trois premières conditions (C1-C3), les informations somatosensorielles ne sont pas altérées et les afférences visuelles sont présentes (C1), absentes (C2) ou asservies (C3).
- Dans les trois dernières conditions (C4-C6), les informations somatosensorielles sont faussées et les afférences visuelles sont respectivement présentes (C4), absentes (C5) ou asservies (C6).

Cette méthodologie, qui constitue une version adaptée à une plate-forme ambulatoire du SOT (EquiTest, NeuroCom International, Inc., Clackamas, OR), s'apparente au Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB) (Tableau 44, Figure 13) (Shumway-Cook & Horak, 1986 ; Herdman, 1994).

Les six conditions ont été réalisées chez tous les sujets. Pendant les 20 secondes de chaque essai, il a été demandé à chacun des sujets en position orthostatique sur la plate-forme, les pieds nus au niveau des repères (la position des pieds étant imposée par des guides en plexiglas, elle sera identique pour tous les sujets), les bras le long du corps, respirant normalement sans inspiration ni expiration forcée, de rester le plus stable et le plus détendu possible, la tête dans l'axe d'une cible à hauteur des yeux placée 2 mètres devant eux durant la durée des enregistrements. Les conditions 3, 4, 5 et 6 qui sont des conditions perturbatrices, ont fait l'objet de trois essais entrecoupés d'une pause de quelques secondes. A l'inverse, les conditions statiques 1 et 2, dites de référence, n'ont pas été répétées, puisque généralement les scores d'équilibre obtenus lors de ces deux conditions sont très élevés lors du premier essai (sauf troubles graves de l'équilibre) [48], sous-entendant ainsi un effet de l'apprentissage peu significatif, voire nul, sur les essais suivants.

Afin d'évaluer la capacité du sujet à s'adapter et à ajuster sa performance motrice correctement et rapidement aux contraintes internes et externes, un score global d'équilibre (S^{GE}) est calculé en faisant la somme des surfaces décrites lors des conditions 1 et 2 auxquelles on ajoute les surfaces enregistrées lors des différents

essais réalisés dans les conditions 3, 4, 5, 6. On divise alors cette somme par le nombre total de conditions c'est-à-dire quatorze. Un S^{GE} est également calculé de manière identique pour le paramètre longueur.

Tableau 43 : Protocole d'évaluation posturographique avec QFP

Séquence 1	CONDITION 1 : Yeux Ouverts (YO)
Séquence 2	CONDITION 2 : Yeux Fermés (YF)
Séquence 3, 4, et 5	CONDITION 3 : Port d'un Masque, YO, 3 essais consécutifs
Descente du sujet de la plateforme pour mettre une mousse	
Séquence 6, 7 et 8	CONDITION 4 : Mousse sous les pieds, YO, 3 essais consécutifs
Descente du sujet de la plateforme pour réinitialiser la mémoire tampon logiciel	
Séquence 9, 10 et 11	CONDITION 5 : Mousse sous les pieds, YF, 3 essais consécutifs
Séquence 12, 13 et 14	CONDITION 6 : Mousse sous les pieds, Masque, 3 essais consécutifs

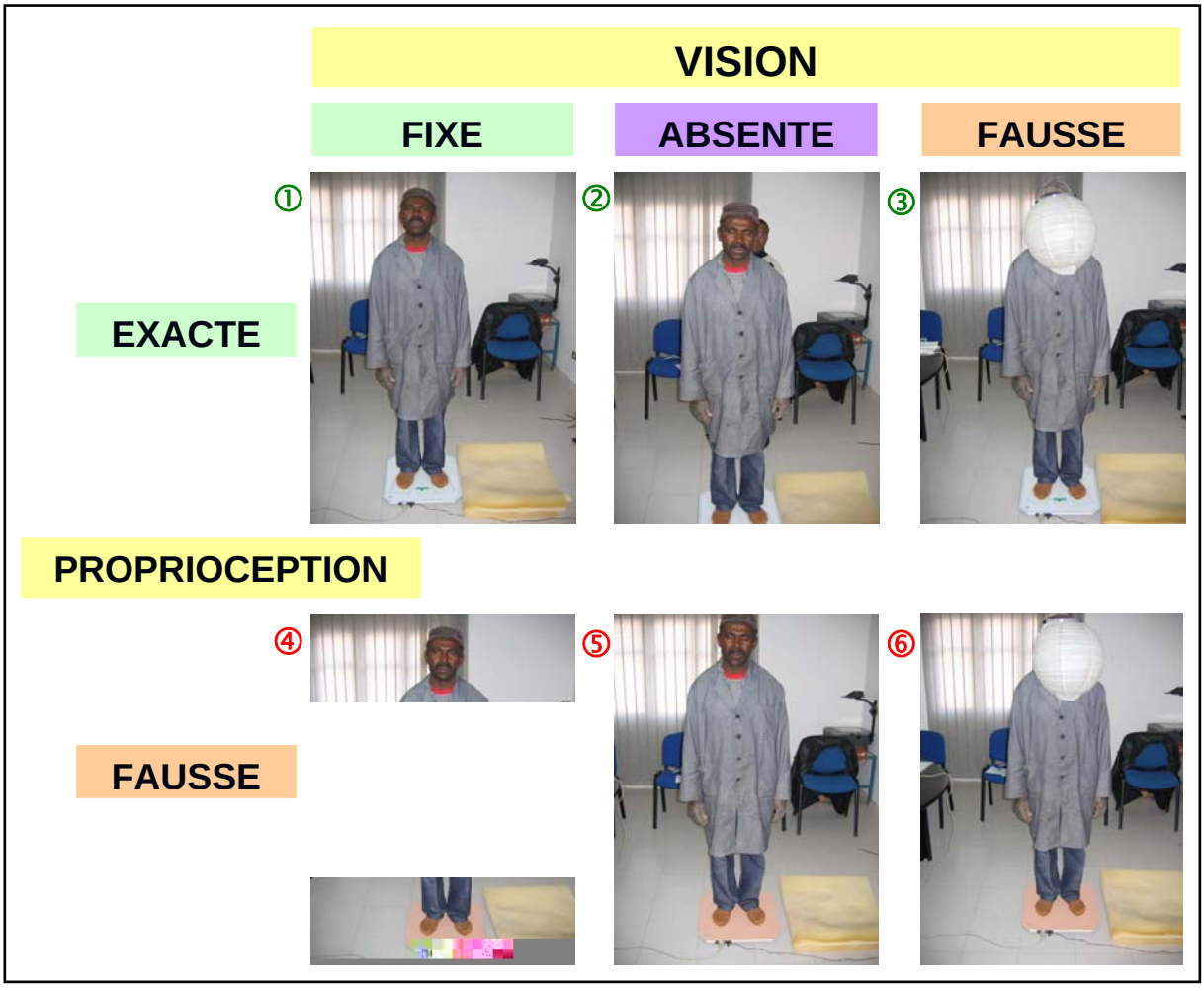


Figure 12. Clinical Test for Sensory Interaction in Balance (CTSIB)

(Shumway-Cook & Horak, 1986)

Tableau 44 : Les six conditions du test d'organisation sensorielle adapté sur la plateforme ambulatoire QFP (Medicapteur, NICE, France)
[vis = visuelles - vest = vestibulaires - prop = proprioceptives]

CONDITION	CHAMP VISUEL	APPUI PODAL	INFORMATIONS	
			Exactes	*Trompées*
1	Yeux Ouverts	Solide	Vis,vest,prop	...
2	Yeux Fermés	Solide	Vest,prop	…
3	Masque	Solide	Vest,prop	Vis
4	Yeux Ouverts	Mousse	Vis,vest	Prop
5	Yeux Fermés	Mousse	Vest	Prop
6	Masque	Mousse	Vest	Vis,prop

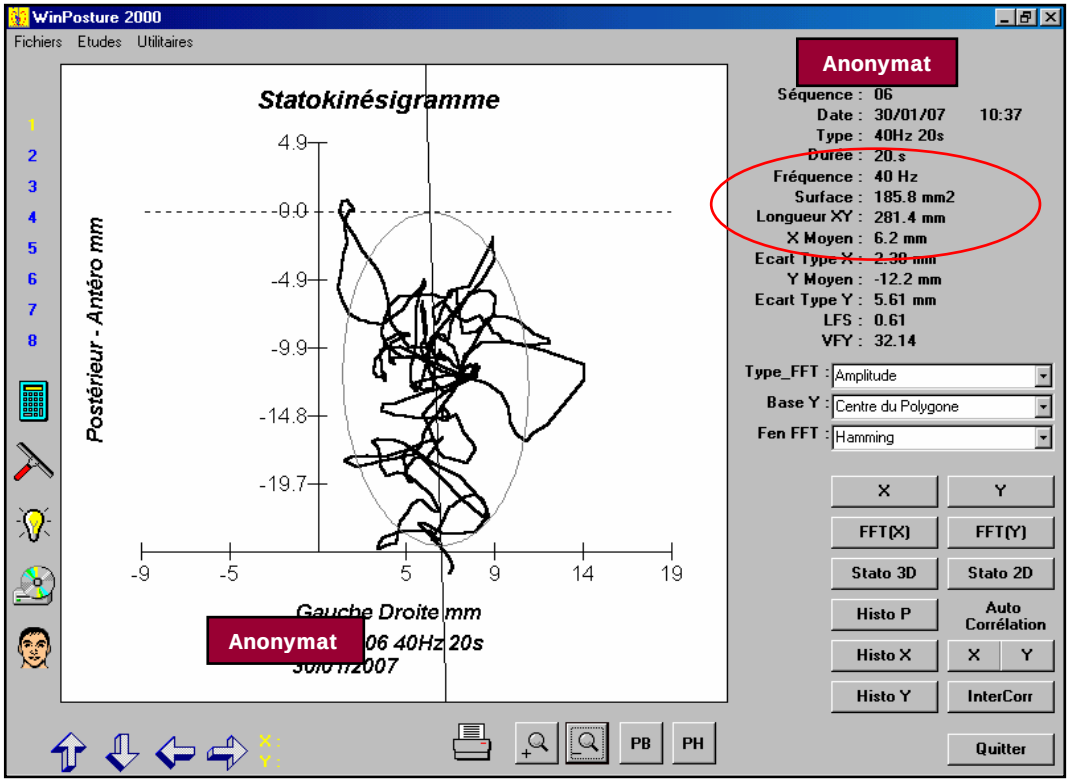


Figure 13. Statokinésigramme avec les données acquises

III. PUBLICATIONS

III.1. EVALUATION OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO ORGANIC SOLVENTS IN AN ADHESIVE PRODUCING COMPANY IN SFAX, TUNISIA.

III.2. EFFECT OF CHRONIC AND SUBCHRONIC ORGANIC SOLVENTS EXPOSURE TO BALANCE CONTROL IN WORKERS IN PLANT MANUFACTURING ADHESIVE MATERIALS.

N.B. Pour chaque article, les références bibliographiques utilisées sont celles mises à la fin de chacun

III.1. EVALUATION OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO ORGANIC SOLVENTS IN AN ADHESIVE-PRODUCING COMPANY IN SFAX, TUNISIA

Imed Gargouri[1,2,3], Moncef Khadhraoui[1], Guillaume Herpin[4,5], Ariane Leroyer[2], Gérome Gauchard[4,5], Philippe Perrin[4,5,6], Denis Zmirou-Navier[4,7], Mohamed Larbi Masmoudi[3], Paul Frimat[2], Daniel Marzin[2], Boubaker Elleuch[1], Catherine Nisse[2]

[1] Water, Energy and Environment Laboratory, National school of Engineers, University of Sfax, Sfax - Tunisia

[2] University laboratory of Occupational Medicine and Occupational Hazards, EA 2690 Poison and Carcinogenic occupational and the environment. Medical School, Lille2 University, Lille, France.

[3] Department of Occupational Medicine and Professional Pathology, University Hospital /Medical School, Sfax University, Sfax - Tunisia

[4] Balance Control & Motor Performance, Nancy University, UFR STAPS, Henri Poincaré University, Villers-lès-Nancy, France

[5] National Institute for Health and Medical Research (INSERM), ERI 11 [EP]²R, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

[6] Department of ENT, University Hospital of Nancy, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

[7] Henri Poincaré University Medical School, Nancy University, France

Corresponding author:

Imed Gargouri

Water, Energy and Environment Laboratory

National school of Engineers, Sfax, Tunisia

BP W. 3038

Sfax - Tunisia

Tel.: +216 97 45 85 00; Fax: +216 74 27 55 95

E-mail: Imed.Gargouri@fmsf.rnu.tn

Proposé en novembre 2008

"Journal of Occupational Medicine and Toxicology"

ABSTRACT :

Objectives: in the present study, we report the results of an environmental and biological monitoring of exposure to mixtures of solvents such as acetone, cyclohexane, n-hexane, methylethylketone, toluene and trichloroethylene in a glue manufacturing company in the city of Sfax, Tunisia.

Methods: twenty five employees in 5 different workshops of glues (solvented, natural, latex vinyl and powder) as well as in the analysis laboratory of samples and in the store of the finished products, benefited from 10 atmospheric samplings (5 individual and 5 stationary) on Wednesdays (middle of the week) using a system consisting of a pump with a constant flow and an activated charbocal-based. A urine sampling and analysis were also done for each employee on Thursday afternoon (end of the week).

Results and discussion: The workers recruited in the study had an average age of 44.8 years and a working period of 20.9 years. Though the five workshops were specific, they consisted of 2 working posts: a manufacturing one and a conditioning one with 2 to 7 employees in each workshop. The results obtained via atmospheric samplings revealed a relatively high exposure index in the solvent workshop and in the analysis laboratory and were 8.40 and 3.12 respectively. These high values were confirmed after analysis of hexane and toluene in the solvent workshop 539.8 mg/m^3 and 122.0 mg/m^3 respectively. The results obtained for the 2,5-hexandione and the hippuric acid, metabolites of hexane and toluene, respectively are in accordance with the atmospheric analysis with an average of 0.46 mg/l and 1240 mg/g of creatine.

Conclusion: this study enabled us to obtain useful information on the exposure to solvents in the glue manufacturing industry as well as to establish preliminary facts about exposure profile in this domain. Nonetheless, a neuro-behaviour study should be addressed to assess the neurotoxicological risks due to the exposure to solvents in glue manufacturing areas.

KEYS WORDS:

Glue manufacturing industries, Organic solvent, Biometrology, Risk assessment

III.1.1. INTRODUCTION

The terms organic solvents refer to a group of volatile compounds or mixtures used to dissolve other substances. They are widely used for manufacturing especially adhesives. Solvents can be released into the environment during their production, storage, transportation, and use [1,2]. Being volatile, solvents quickly evaporate into the air and can be found in high concentrations. They are most commonly inhaled in their volatilized form and absorbed via the respiratory tract [3-5].

Among the chemical risks listed in the industry of adhesive manufacture in Tunisia, organic solvents occupy by far the first place [4,6]. However in spite of the large quantity of solvents used, there is little information on solvents and on the adverse health effects they may cause in Tunisia.

Sfax, second important town in Tunisia after the capital, is located further to the south. It is an industrial and agricultural pillar of the Tunisian economy. Among its industries, we find the manufacture of adhesives used in various fields such as the shoe manufacturing, a very prosperous sector in the area.

The prevention of occupational hazards, and more particularly of the chemical risk, is based on the evaluation of the risks following the procedures stated by regulatory texts [2,7]. The Tunisian regulation on health in the workplace [8-10] however did not require employers to carry out evaluations of risk by using atmospheric measurements of environments of work and biological exposure indices (BEI). Thus, we set up this evaluation of occupational solvent exposure at a volunteering employer's adhesive manufacture.

The aim of the study is to evaluate the exposure to mixtures of solvents made up of acetone, cyclohexane, n-hexane, methylethylketone, toluene and trichloroethylene in the employees of a company specializing in the manufacture of adhesives.

III.1.2. MATERIAL AND METHODS

III.1.2.1. PRESENTATION OF THE COMPANY

The company of manufacture of adhesive was created in the sixties of the 20th century. Currently, it is made up of 5 workshops, 2 stores (raw materials and finished products), a laboratory and an office. The staff is composed of 45 employees:

7 administrators, 2 engineers, 5 technicians, 29 workers and 2 drivers. The 5 production lines correspond to the workshops of adhesive: dissolved, natural, latex, powder and vinyl.

III.1.2.2. STUDY POPULATION

Twenty five employers were assigned in the workshops, the laboratory and the store of the finished products (10 men, 15 women, median age 44.8 years [min=25, max=58] and an average seniority of 20.9 years in the company [min=1, max=40]).

The workshop of dissolved adhesive is made of 9 employees including 2 men and 7 women with a 44.6 years median age [min=25, max=58] and an average seniority of 23.2 years [min=6, max=35].

III.1.2.3. COMPOSITION OF THE DISSOLVED ADHESIVE

Following a location of solvents used in the manufacture of the adhesive carried out in 2005 in the area of Sfax, we listed the most used substances: acetone, cyclohexane, hexane, the methylethylketone, toluene and the trichloroethylene [3,7,11,12]. Benzene although not located in the composition of the products, was proportioned in a systematic way [2,9,10].

III.1.2.4. EVALUATION OF THE EXPOSURE TO SOLVENTS

It was made thanks to [7,11,13-16]:

- An observation of the various work stations,
- Research with the assistance of the direction and the oldest employees of the principal modifications which have taken place both at the technical level (change of machine, aspiration and ventilation of the buildings,…) and on the nature of solvents used;
- Research with the chemical engineer of the company of the evolution of the solvent compositions and the quantities used.
- Measurement of the indicators of exposure solvents (biotoxicologic and environment metrology) was carried out in May 2007:

III.1.2.4.1. *Measurements of integrated exposure on a half-station and sample tube analyses*

To measure solvent concentration in the atmosphere personal samplings and/or stationary samplings were done: a personal sampling device placed near the

respiratory tract or a stationary one placed at a mean height of the respiratory tract from the ground. It consists of a programmable low flow pump: Pocket Pump (Pump SKC® 210-1002 TX) with regular flow to 100 (±5%) cm^3/mn and an activated charcoal tube 800 and 200 mg (Tube SKC® 226-16) that would trap solvents in workplace air for 4 hours. The pocket pump operation was programmed according to the solvent samples used in the manufacture of dissolved adhesives [17,18].

The Comparisons of the results of active and diffusive samplings were carried out in reference to the Average Exposure Values (AEV) to solvents calculated on the basis of 8 work hour period/day and 39 hours/week (Table 1) [1,3,8-10,19-24].

After desorption in 5 ml of carbon bisulphide, the activated charcoal was analyzed by gas chromatography (CPG) in external mode of calibration with semi-capillary column and with flame ionization detector (FID).

III.1.2.4.2. *Measure indicating biotoxicology*

All the employees in the manufacture of the adhesive -i.e. twenty five employees- had their urine analyzed at the end of the week and the end of the work station (Thursday after midday) in order to proportion the metabolites of selected solvents [21,24,25]. These urinary samples were carried out in references to the biological limiting values (Table 45) [22,26];

III.1.2.5. EXPOSURE LIMIT VALUES (METROLOGICAL AND BIOLOGICAL)

In the absence of Tunisian exposure limit values (metrological and biological) [8-10], we referred to the French values, and/or American values, and/or the German values. We adopted the most severe values for our study (Table 45) [3,18,19,27].

III.1.2.5.1. *MEDIAN EXPOSURE VALUES OF REFERENCE AND INDICES OF EXPOSURE:*

The concentrations measured on the specimens sampled on a half-station of work, were compared with the selected AEV.

As adhesives consist of mixed solvents, we conventionally used an index of exposure which is to be compared with the limiting values [3,4,13,18]. This index of exposure is equal to:

$$I.exp = C_1/AEV_1 + C_2/AEV_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + C_n/AEV_n$$

C_n and AEV_n being respectively the concentration and the value limit at pollutant n.

If I.exp is higher than 1, the limiting value is regarded as exceeded. Calculated starting from stationary sampling, this index is called index of pollution (I.pol).

III.1.2.5.2. *BIOLOGIC EXPOSURE INDICES (BEI) OF REFERENCE:*

The BEI's of solvents used were the following: acetone for acetone, the 2,5-hexanedione for hexane, the methylethylketone for methylethylketone, the hippuric acid for toluene, the trichloracetic acid for trichloroethylene and the trans, trans-muconic acid for benzene [21,22,24,28]. Only the 1,2-cyclohexanediol (metabolite of cyclohexane) was not proportioned (the technique not being available).

III.1.3. RESULTS

III.1.3.1. STUDIED COMPANY

It is characterized by the stability of its personnel and the absence of significant modifications of the exposure conditions since 2000; this has made solvent exposure quite homogeneous. The schedule of work is 8 hours/day and 42 hours/week.

III.1.3.1.1. DESCRIPTION OF THE WORKSHOPS:

The Company is specialized in the manufacture of adhesive in its various forms and uses. It is made up of 5 workshops according to the basic raw material of the adhesive (Figure 14). Each workshop has its characteristics but in general they are formed by 2 principal sectors: *1st station of manufacture of the adhesive* of different types: with a maximum number of 3 operators; *2nd station of conditioning*: where the number of permanent operators varies from 2 to 7 according to the workshop and the quantity of adhesive produced.

Under certain conditions in particular at the time of the very important orders in one of the workshops, some employees from other workshops might be needed. For instance, the workshop of solvented adhesive might need workers of the workshops of vinyl adhesive and latex adhesive during the week of environmental and biotoxicological samplings.

III.1.3.1.2. PRODUCTS AND QUANTITIES HANDLED

Various chemicals are handled for the manufacture of the adhesive, among which organic solvents in annual and daily quantities according to the developed products and their uses (Table 46). Only hexane was handled at the laboratory of sampling by the 2 technicians.

III.1.3.2. METROLOGICAL AND BIOTOXICOLOGICAL MEASUREMENTS

On the whole, ten atmospheric samplings, five individual and five stationary, over long periods (to be compared with the AEV) and 25 urine samplings (to be compared with the BEI) were carried out.

III.1.3.2.1. ATMOSPHERIC MEASUREMENTS:

Table 47.a. synthesizes the principal data of exposure collected during this study. The parameters are the following:

- *For the ambulatory individual samplings:* the number of taken measurements (n), the arithmetic mean of the indices of exposures as well as the extent of measurements.
- *For the stationary samplings*: sample size, the arithmetic mean and extent of measurements.

Direct results by measurements of the atmospheric concentrations (Table 3.a.) show the elevated levels in particular in the workshop of the dissolved adhesive, the analysis laboratory and the store of the end products, which is concordant with the average atmospheric concentrations of hexane that are significantly high in the workshop of the solvented adhesive. So, toluene concentrations were relatively high without exceeding the VME (Table 47.b.). The remainder of proportioned solvents (cyclohexane, methylethylketone and trichloroethylene) were lower than the corresponding VME particularly benzene which was undetectable.

III.1.3.2.2. URINARY PROPORTIONINGS:

Table 48 synthesizes the principal data of urinary proportionings of the solvents metabolites during this study. The parameters are the following: the number of urinary samplings carried out (n), the arithmetic mean of the urinary concentrations of the metabolites as well as the extent of the concentrations.

The 2,5-hexanedione and the hippuric acid, respective biomarkers of hexane and toluene, were high in the workshop of dissolved adhesive. Only the 2,5-hexanedione was high in

certain employees of the vinyl adhesive, the latex adhesive workshops, and the store of the end products. We noted significantly high values with an average of 1.14 mg/l of 2,5-hexanedione in the analysis laboratory, where the 2 technicians handled samples with extremely limited quantities, and where the collective and individual protective equipments were available.

III.1.3.3. THE WORKSHOP OF DISSOLVED ADHESIVE

The workshop of dissolved adhesive consists of 2 communicating floors (Table 49). It has natural ventilation with 2 doors and 6 windows and general mechanical ventilation also.
In its 4 work stations: the turbines, place of manufacture, on the 1st floor and the 3 conditioning stations on the ground floor, we highlighted levels of hexane surpassing the VME its BEI (Table 49) in particular at the station of the turbines; in spite of the presence of general and individual protective equipments for all the employees (specific masks and gloves), only 10% used them.

III.4. DISCUSSION

The use of solvents has undergone a great revolution for a decade now, because of the constraints of prevention of the occupational hazards, but especially because of lawful requirements of environmental protection. These lawful evolutions entail modifications in the nature of solvents applied and the way of using them [3,11]. In the meantime, the number of exposed has been increasing and on. The preliminary results of SUMER2003 investigation showed that the number of workers exposed to solvents had increased since 1994 moving from 12.2% to 14.7% mainly in the chemical industry [1].

Thus, the studies on risk evaluation in the various sectors using solvents were started but the sector of the adhesive manufacture was neglected. This is the case with the study of Poirot and Hubert-Shovel [3] which evaluated the exposures to solvents by atmospheric samplings in various industrial activities, but failed to address adhesive manufactures.

If these biotoxicological and atmospheric samplings were made for the first time in the sector of the adhesive manufacture in Tunisia, they interested all company workshops and were preceded by a preliminary appreciation of the risk by a study by station and an inventory of the handled products [11,14]. This risk

evaluation could be improved after the experience we would have acquired as well as a better knowledge of this sector. Thus the solvents and their proportions reported in Table 2 were comparable with those of Samato H. *et. al.* [29] where the solvents used in the industry of the adhesive were toluene (47%), ethyl acetate (42,5%), MEK (33%), acetone (27%) with a reduction of the use of trichloroethylene.

The results of atmospheric samplings allowed us to confirm that the existing differences between the various workshops and the work stations were overall the same as those estimated in an indirect way by the observation of the work stations. All the samplings taken in the adhesive company indicate that the exposure of workers to organic solvents is varied greatly according to the task assigned.

We note on the left part of Table 47.a, devoted to the indices of exposure established starting from the long lasting samplings (I.exp) that the respect of the limiting values, for instance AEV, is generally quite assured. This is not the case with the solvented adhesive manufacture operations, where a strong exposure to hexane is recorded. It is also noted in the analysis laboratory of the samples and the store of the end products, which is in perfect agreement with biometrology.

With regard to the strong concentrations of hexane of the solvented adhesive workshop they were significantly higher in particular in the station of the turbines reflecting the extremely pollutant character of this station with a concentration of 1415.0 mg/m^3 (AEV = 20 mg/m3). In Spain, according to Cardona [30,31], the average of hexane and toluene are respectively 47 mg/ m^3 and 86 mg/m^3 reaching respectively 4 to 652 and 2 to 1143.

The higher values of 2,5-hexanedione (metabolite of hexane) highlighted in the employees of the vinyl adhesive workshop though the values of Pa are lower than the AEV in this workshop can be explained by the fact that they are needed to reinforce labour in the workshop of solvented adhesive at the conditioning stations at the time of the important orders.

Because hexane was higher than the usual value (both VME et BEI) and after analysis of the samples, we were surprised to notice such things in 2 technicians (one

of the technicians has been working there for 15 days only). Even if there were frequent handlings of solvented adhesive, hexane and other solvents are in tiny quantities and cannot reach the limiting values. Revisiting the laboratory with the chemical engineer of the company; and the interview with the technicians and in particular the older one revealed that cleaning the material of the laboratory at the end of the station was done by hexane in spite of the rules prohibiting its use. Thus, a memorandum was formulated to remind workers of the absolute prohibition of the use of hexane for any cleaning action and maintenance of laboratory equipment; and that it should be replaced by acetone for certain procedures if needs be and under supervision.

III.1.5. CONCLUSION

This study enabled us to collect information on the chronic exposure to solvents in the industry of the adhesive and to establish a first report on the profiles of exposure to solvents in this sector. But the exposure to solvents is not constant in time and varies according to the work to be done and the process used. Consequently, the study of the occupational exposure place requires knowledge not only of the average exposure compared to the AEV, but also of location of the polluting phases to determine the short duration exposure compared to the limit exposure value.

Moreover, and so that our evaluation of the risk be complete, a neuro-behavioral study will be carried out in order to evaluate the neurotoxicologic risk following the exposure to solvents in this industrial sector.

Acknowledgments

The authors wish to thank the responsibles at the SIFCOL adhesive company, Sfax, Tunisia. The authors are also indebted to the workers who took part in the study.

III.2.6. REFERENCES

1. **Triolet J.** Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. ND 2230-199-05. Cahier Notes Doc 2005,199:65-97.
2. **Logman JFS, De Vries LE, Hemels MEH, Khattak S, Einarson TR.** Paternal organic solvent exposure and adverse pregnancy outcomes : A meta-analysis. Am J Ind Med 2005,47:37-44.
3. **Poirot P, Hubert-Pelle G.** Profils d'exposition aux solvants et comparaison aux valeurs limites de courte durée. ND 2235-200-05. Cahier Notes Doc 2005,200:83-93.

4. **Poirot P, Subra I, Baudin V, Héry M, Chouanière D, Vincent R.** Détermination du profil d'exposition à moyen terme de peintres en bâtiment. ND2125-179-00. Cahier Notes 2000,179:5-13.
5. **Tkaukiainen A, Vehmas T, Rantata K, Numinen M, Martikainen R, Taskinen H.** Results of common laboratory tests in solvent-exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 2004,77:39-46.
6. **Preller L, Burstyn I, De Pater N, Kromhout H.** Characteristics of peaks in inhalation exposure to organics solvents. Ann occup Hyg 2004,48:643-52.
7. **Dor F, Bonvallot N.** Identification des dangers : une étape de l'évaluation des risques sanitaires à approfondir. Environnement, Risque et Santé 2005,6:279-87.
8. **Journal Officiel de la République Tunisienne (JORT)**. Décret n° 2000-1985 du 12 septembre 2000, portant organisation et fonctionnement des services de médecine du travail. JORT, 22 septembre 2000 n° 76 : 2250-3.
9. **JORT**. Loi n° 94-28 du 21 févier 1994, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. JORT, 22 février 1994 n° 15 : 308-18.
10. **JORT**. Loi n° 95-56 du 28 juin 1995, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. JORT, 4 juillet 1995 n° 53 : 1419-24.
11. **Ministère de la santé et des solidarités (République Française).** Modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact. Circulaire N° DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.
12. **Sliwinska-Kowalska M, Zamyslowska-Szmytke E, Szymczak W, Kotylo P, Fiszer M, Wesolowski W *et. al*.** Effects of coexposure to noise and mixture of organic solvents on hearing in dockyard workers. J Occup Environ Med 2004,46:30-8.
13. **Armstrong TW, Caldwell DJ, Verma DK.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hygiene 2005,2:600-7.
14. **Gonzalez M, Velten M, Cantineau A.** Evaluation de l'exposition aux solvants dans une étude épidémiologique portant sur 249 salariés. Arch mal prof env 1999,60:432-4.
15. **Green RS, Gold EB, Samuels SJ, Dosemeci M.** The relation of occupational organic solvent exposure to symptom reporting in a sample of white and Chinese midlife women. J Occup Environ Med 2005,47:410-23.
16. **Mckee RH, Medeiros AM, Daughtrey WC.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hygiene 2005,2:524-42.
17. **Hervé-Bazin B.** Guide d'évaluation de l'exposition au risque toxique sur les lieux de travail par échantillonnage de l'atmosphère. ND 1730-135-89. Cahier Notes Doc 1989,135:265-88.
18. **Institut de Recherche en Santé et en sécurité au Trvail (IRSST) – Direction des opérations.** Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu du travail. IRSST, Canada (8ème édition) 2005. T-06:191 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca
19. **Courtois B.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France) décembre 2007, ED 984 : 19 pages
20. **Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE).** Directive 2006/15/CE du 7 février 2006 établissant une deuxième liste de valeurs listes indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du conseil et portant modification des directives 91/322/CE et 2000/39/CE. JOUE du 9 février 2006 : L36-L39 (FR).
21. **Pillière F, Conso F.** Biotox : Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. INRS (France) septembre 2007, ED 791:252 pages [En ligne] www.inrs.fr
22. **Schneider O, Brondeau M-T.** Indices Biologiques d'Exposition. ND 2245-202-06. Cahier Notes Doc 2006,202:49-65.
23. **Triolet J.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses. Valeurs de l'ACGIH (Etats-Unis) et de la Commission MAK (Allemagne). ND 2114-176-99. Cahier Notes Doc 1999,176:59-90.

24. Truchon G. Guide de surveillance biologique : Prélèvement et interprétation des résultats. IRSST, Canada (6ème édition) 2004. T-03:92 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca

25. Pergiago JF, Cardona A, Marhuenda D, Roel J, Villanueva M, Marti J, Luna A. Biological monitoring of occupational exposure to n-hexane by exhaled air analysis and urinalysis. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:275-8.

26. Grandjean P, Budtz-Jørgensen E. Total imprecision of exposure biomarkers: Implication for calculating exposure limites. Am J Ind Med 2007,50:712-9.

27. Lin YS, Kupper LL, Rappaport SM. Air samples versus biomarkers for epidemiology. Occup Environ Med 2005,62:750-60.

28. Imbriani M, Ghittori S. Gases and organic solvents in urine as biomarkers of occupational exposure : a review. Int Arch Occup Environ Health 2005,78:1-19.

29. Samoto H, Fulkui Y, Ukai H, Satoru O, Takada S, Ohashi F *et. al*. Self-reported symptoms and their effects on cognitive functioning in workers with past exposure to solvent-based glues: an 18-year follow-up. Int Arch occup Environ Health 2007,81: 69-79.

30. Cardona A, Marhuenda D, Marti J, Brugnone F, Roel J, Perbellini L. Biological monitoring of occupational exposure to n-hexane by measurements of urinary 2,5-hexadione. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:71-4.

31. Cardona A, Marhuenda D, Prieto M J, Marti J, Periago J-F, Sanchez J-M. Behaviour of urinary 2,5-hexanedione in occupational co-exposure to n-hexane and acetone. Int Arch Occup Environ Health 1996,68:88-93.

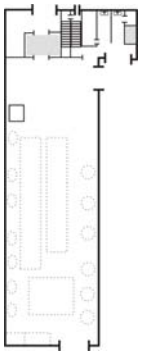
32. Baldasseroni A, Bavazzano P, Buiatti E, Lanciotti E, Lorini C, Biggeri A. Occupational exposure to n-hexane in Italy, analysis of a registry of biological monitoring. Int Arch Occup Environ Health 2003,76:260-6.

Workshop of the *solvented Adhesive*
(Rubber, Polychloroprene, Polyurethane + Produced additional)

Surface: 228.6 m2
Number of workers: 11
Number of stations: 3
- Natural rubber Cutting
- Manufacture of the solvantée adhesive
- Conditioning of the solvantée adhesive
- Production line of additional product

Environment:
Wet
Ventilation:
Natural (door, window)
Extraction at the source

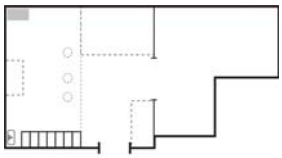
Solvents used: Organic



Workshop of the *Natural Adhesive*

Surface: 129.37 m2
Number of workers: 3
Number of stations: 2
- Manufacture of the Natural adhesive
- Conditioning of Natural adhesive

Environment:
Heat (boiler)
Ventilation:
Natural (door, window)



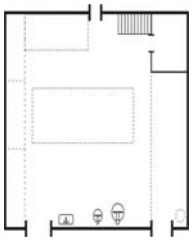
Solvent used: Water

Workshop of the *Latex Adhesive* (+ Calorex)

Surface: 174 m2
Number of workers: 3
Number of stations: 2
- Manufacture of the adhesive Latex
- Conditioning of the adhesive Latex
- Production line of calorex

Environment:
Heat (boiler)
Ventilation:
Natural (door, window)
Extraction at the source

Solvent used: Water

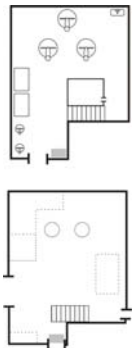


Workshop of the *Vinyl Adhesive*

Surface: 113,75 m2
Number of workers: 5
Number of stations: 3
- Primary Production of the vinyl adhesive
- Manufacture of the vinyl adhesive
- Conditioning of the vinyl adhesive

Environment:
Heat (boiler)
Ventilation:
Natural (door, window)
Extraction at the source

Solvent used: Water



Workshop of the *Powder Adhesive*

Surface: 34 m2
Number of workers: 2
Number of stations: 2
- Filling of the machine of conditioning of the powder adhesive
- Conditioning of the powder adhesive

Environment:
Wet
Ventilation:
Natural (door, window)
Extraction at the source

Solvent used: nothing

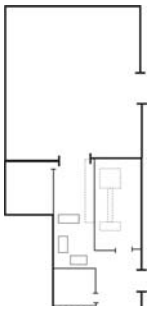


Figure 14. Description of the various workshops

Table 45: Atmospheric and biological exposure limit values of studied solvents [1, 3,8-10,19-24]

Solvent	N° CAS[1]	France (EU[2]) MEV[6] ppm[8]	France (EU[2]) MEV[6] mg.m^{-3}	USA (ACGIH[3]) TLV-TWA[7] ppm	USA (ACGIH[3]) TLV-TWA[7] mg.m^{-3}	Germany (MAK[4]) ppm	Germany (MAK[4]) mg.m^{-3}	Our Study (Tunisia) MEV Adopted ppm	Our Study (Tunisia) MEV Adopted mg.m^{-3}
Acetone	67-64-1	500	1210	500	-	500	1200	**500**	**1200**
Cyclohexane	110-82-7	200	700	300	-	200	700	**200**	**700**
n-hexane	110-54-3	20	72	50	-	50	180	**20**	**72**
Methylethylketone (MEK, 2-Methyl ethyl ketone)	78-93-3	200	600	200	-	200	600	**200**	**600**
Toluene	108-88-3	50	192	50	-	50	190	**50**	**190**
Trichloroethylene	79-01-6	75	405	50	-	-	-	**50**	**-**

Biological Exposure index (BEI) in Urine	France (EU) FGV[9] (1997)	USA (ACGIH) BEI[10]	Germany (DFG[5]) BAT[11]	Our Study (Tunisia) BEI Adopted
Acetone	100 mg/l	50 mg/l	80 mg/l	**50 mg/l**
1,2-cyclohexanediol	-	-	170 mg/g creat	**170 mg/g creat**
2,5 hexanedione	-	0,4 mg/l	-	**0,4 mg/l**
Methylethylketone	-	2 mg/l	5 mg/l	**2 mg/l**
Hippuric acid	2500 mg/g creat	1600 mg/g creat	-	**1600 mg/g creat**
Trichloroacetic acid	100 mg/g creat	80 mg/l 15 mg/l (Proposal 2007)	**With**	**15 mg/l**

(1) CAS: Chemical Abstract Service
(2) EU: European Union
(3) ACGIH: American Conference off Governmental Industrial Hygienists
(4) MAK: Maximum Arbeitsplatz-konzentration
(5) DFG: Deutsche Forchungs-Gemeinschaft
(6) MEV: Median Exposure Value calculated compared to one 8 work hours base period
(7) TLV-TWA: Time-Werghted Average (Median values balanced over 8 hours per days and 40 hours per weeks)
(8) ppm: shares per million and volume of air
(9) FGV: French Guide Value
(10) BEI: Biological Exposure Indices
(11) BEATS: Bioloischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert (biological values tolerated in professional environment)

(A)

Concentration of Trichloroethylene **in the air (ml/m^3)**	**Acid** trichloroacetic **in the urine (mg/l)**
10	20
20	40
30	60
50	100

Table 46. Solvents used and solvent quantities

Solvents	Toxicological card	Number		Quantities (m3)	
		CASE	*EINECS*	*Annual (%)*	*The day of A.S.*
Butyl acetate	FT31	123-86-4	204-658-1	2.5 (0.4)	-
Ethyl acetate	FT18	141-78-6	205-500-4	33.5 (5.7)	-
Acetone*	FT3	67-64-1	200-662-2	102.5 (17.5)	0.5
Cyclohexane*	FT17	110-82-7	203-806-2	57.8 (9.9)	0.6
n-hexane*	FT113	110-54-3	203-777-6	120.0 (20.5)	2.0
Methylethylcetone*	FT14	78-93-3	201-159-0	150.0 (25.6)	1.7
Perchloroethylene	FT29	127-18-4	204-825-9	2.0 (0.3)	-
Toluene*	FT74	108-88-3	203-625-9	116.0 (19.8)	1.5
Trichloroethylene	FT22	79-01-6	201-167-4	0.7 (0.1)	-

A.S.: atmospheric samplings *: products handled during the week of AS

Table 47.a. Exposure of workers according to the activity in the workshop

Type of workshop	*Individual exposures*			*Environmental samplings*		
	Index of exposure (I.exp)			Index of pollution (I.pol)		
	N	extended	average	N	extended	average
Solvented adhesive Workshop	4	4,09 - 20,1 3	8,40	-	-	-
Non-solventedworkshops (natural adhesive, vinyl adhesive, latex adhesive)	-	-	-	3	-	0,01
Analysis laboratory of samples	1	-	3,12	1	-	1,49
Store of the end products	-	-	-	1	-	1,70
	Total = 5			Total = 5		

Table 47.b. Average atmospheric toluene and hexane concentrations

Type of workshop	N	*n-hexane (mg/m3)*		*Toluene (mg/m3)*	
		extended	average	extended	average
Workshop of the solvented adhesive	4	222,0 - 1415,0	539,8	81,0 - 154,0	122,0
Analysis laboratory of samples	2	80,0 - 201,0	140,5	51,0 - 61,0	56,0
Store of the end products	1	/	80,2	/	102,0

Table 48: Urinary proportionings of workers according to the activity of the workshop

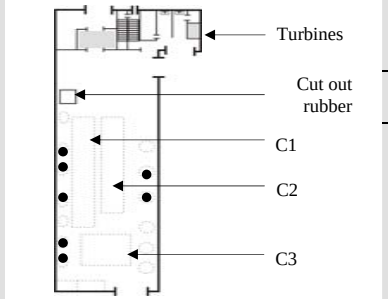
Type of workshop	N	Acetone (mg/l)		2,5 hexandione (mg/l)		Metylethylketone (mg/l)		Hippuric acid (mg/g créat)		Trichloracetic acid (mg/l)	
		extended	average	extended	average	extended	average	extended	average	extended	average
Workshop of the solvented adhesive	9	2,30 - 20,40	6,87	0,12 - 0,98	0,46	0,20 - 3,80	1,22	92 - 1850	1248	4 - 21	7,67
Workshop of the vinyl adhesive	5	3,30 - 5,20	3,80	0,25 - 1,56	0,99	-	< 0,2	111 - 742	383	<0,01- 0,04	0,02
Workshop of the natural adhesive	3	2,00 - 6,70	4,23	0,10 - 0,52	0,26	-	< 0,2	85 - 860	350	0,01 - 0,20	0,08
Workshop of the adhesive latex	4	4,10 - 5,20	4,58	<0,10 - 0,89	0,50	-	< 0,2	128 - 467	299	0,01 - 0,05	0,03
Analysis laboratory	2	6,20 - 7,90	7,05	0,64 - 1,64	1,14	-	< 0,2	186 - 360	273	<0,01- 1,04	0,53
Store of the end products	2	3,70 - 5,00	4,35	0,24 - 1,14	0,69	-	< 0,2	45 - 513	279	-	0,04

Total = 25

NB: the 1,2-cyclohexandiol (metabolite of cyclohexane): not proportioned

Table 49 : Concentrations of hexane and its biological indicator in the workshop of the solvented adhesive

Workshop of the solvented adhesive



location	Stations	Operators	Hexane		2,5 hexandione (mg/l)	
			mg/m³	ppm	extended	average
1st floor	Turbines	2 men	1415,0	418,2	0,60 - 0,98	0,79
Ground floor	Conditioning 1	3 women	233,0	68,9	0,17 - 0,80	0,38
	Conditioning 2	2 women	222,0	65,6	0,12 - 0,40	0,26
	Conditioning 3	2 women	289,0	85,4	0,38 - 0,51	0,45
	The average in the workshop		***539,8***	***159,5***	***0,12 - 0,98***	***0,46***

C: Conditioning ● : permanent agent ◌ : agent reinforcement (when the needed)

III.2. EFFECT OF CHRONIC AND SUBCHRONIC ORGANIC SOLVENTS EXPOSURE TO BALANCE CONTROL IN WORKERS IN PLANT MANUFACTURING ADHESIVE MATERIALS

Guillaume Herpin[a,b], **Imed Gargouri[c,d,e]**, Gérome C. Gauchard[a,b], Catherine Nisse[d], Moncef Khadhraoui[c], Boubaker Elleuch[c], Denis Zmirou-Navier[b,f], Philippe P. Perrin[a,b,g,*]

[a] Balance Control & Motor Performance, Nancy University, UFR STAPS, Henri Poincaré University, Villers-lès-Nancy, France
[b] National Institute for Health and Medical Research (INSERM), ERI 11 [EP]²R, Vandoeuvre-lès-Nancy, France
[c] Laboratory Water, Energy and Environment, ENIS, Sfax University, Sfax, Tunisia
[d] University laboratory of Occupational medicine and Occupational hazards, EA 2690 Poison and carcinogenic occupational and of the environment. Medical school, Lille2 University, Lille, France.
[e] Service of occupational medicine and professional pathology, Centre hospital-University Hédi Chaker, Sfax - Tunisia
[f] Henri Poincaré University Medical School, Nancy University, France
[g] Department of ENT, University Hospital of Nancy, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

[*] Corresponding author
Address correspondence and proofs to:
Prof. Philippe P. Perrin,
Equilibration et Performance Motrice, UFR STAPS, Université Henri Poincaré, Nancy Université,
30, rue du Jardin Botanique, 54 600 Villers-lès-Nancy, France
Tel: +33 383 682 929; fax: +33 383 154 647; E-mail address: Philippe.Perrin@staps.uhp-nancy.fr

Accusé d'acceptation de l'article

Dear Dr. Gauchard,

Having carefully reviewed changes in your revised paper, I am pleased to inform you that NR683, has been accepted for publication in ***Neurotoxicity Research***:

Effect of chronic and subchronic organic solvents exposure on balance control of workers in plant manufacturing adhesive materials.

I will send the paper to the publisher today, and you can expect galleys in a short time. Thank you for submitting this paper to the journal. ***Neurotoxicity Research*** has an Impact Factor of 5.2, ranking it 24th of 211 journals in the Neurosciences. I invite other papers by your group.

Sincerely,
Richard Kostrzewa
Editor, *Neurotoxicity Research*

ABSTRACT: High level occupational exposure to volatile organic solvents is known to breed neurotoxic effects, especially on balance abilities. Hitherto, few studies were interested to the repercussions of ambient occupational solvent exposure close to the threshold limit values on balance control. In this respect, this study aimed to assess the neurotoxic effects of chronic and subchronic exposure to organic solvents in workers in plant manufacturing adhesive materials. Balance control was evaluated in 18 workers, mainly exposed to *n*-hexane and toluene, with current median exposure levels of 222 mg/m^3 and 102 mg/m^3, respectively, and with a median exposure duration of 21 years, and in 32 non-exposed controls by posturography tests with and without sensory conflicting situations at the beginning of the workshift (chronic exposure) and after 72 hours with occupational exposure (subchronic exposure). This study showed that exposed workers chronically presented a reduced quality of balance control compared to controls, which get worse after the subchronic exposure, particularly during situations necessitating the privileged use of vestibular information. Thus, low level occupational exposure to volatile organic solvents, mainly *n*-hexane and toluene, is related to deleterious central effects. This neurotoxicity induced is characterized by difficulties to find the most relevant information to control balance, leading to difficulties to manage sensory conflict situations.

KEYWORDS: Organic solvents; Balance control; Chronic and subchronic exposure; Sensory conflicting situations; Neurotoxicity

III.2.1. INTRODUCTION

Environmental pollutants comprise a variety of chemical classes including organic solvents which are among the most widely used group of chemicals in the pharmaceutical, chemical and food industries and are also present in various household products such as aerosols, paints, adhesives and building materials (Jones, 1999). The prevalence of these compounds in the atmosphere means that exposure to organic solvents is generally unavoidable and humans are frequently exposed to low levels for prolonged periods. Long-term exposure to certain organic solvents is known to induce neurotoxicity on account of alterations on various structures of the peripheral (PNS) and central (CNS) nervous systems as well as on cognitive functions (Baker, 1994; White and Proctor, 1997; Xiao and Levin, 2000). In this way, among all common complaints, vertigo and dizziness were regularly observed (Kishi *et al*., 1993; Indulski *et al*., 1996; Lee *et al*., 2003), particularly because of abnormalities observed at the level of vestibular pathways, cerebellum, basal ganglia or thalamus (Arlien-Søborg *et al*., 1981; Caldemeyer *et al*., 1996; Miyagi *et al*., 1999; Sulkowski 2002; Ayadin *et al*.,2003; Rigdway *et al*.,2003). These symptoms could be a contributive factor to the solvent-related increase in work-related slips, trips and falls (Hunting *et al*., 1991) on account of alteration of mechanisms involved in balance control regulation (Vouriot *et al*., 2004).

Postural control is ensured through mechanisms of postural maintaining and stabilisation, requiring management of body orientation in space by central processing of neurosensory visual, vestibular and somatokinesthetic afferences and of planned voluntary information (Massion and Woollacott, 1996). The use of sensory information from multiple sources is necessary both body orientation with respect to vertical and stabilization against external disturbances. The different types of balance disturbance do not simulate the whole set of sensors and the sensitivity range of each category of sensors is different; thus, the use of redundant sensory information is needed. Two modes of interaction between these inputs have been identified, additive effect and selection. The additive effect is characterized by the effect from each input added to the effect of other inputs. When one of the inputs is suppressed, this effect may partly explain the compensatory mechanisms generated (Horak *et al*., 1989). Selection is one way to resolve conflict sensory situations and consist to select one input, which becomes dominant (Roll and Roll, 1988). Optimal efficiency of the postural regulation mechanisms is all the more necessary since the situations is more complex to manage, particularly in sensory conflicting situations.

Few studies are investigated the neurotoxic effects after chronic exposure to volatile organic solvent on balance control through posturography, which is yet recognized as a useful technique for assessment of neurotoxic effects on CNS (Ledin *et al*., 1991; Kuo *et al*., 1996; Yokoyama *et al*., 1997; Iwata *et al*., 2005; Vouriot *et al*., 2005). While

these studies have shown that chronic exposure close to or higher than workplace threshold limit values (TLVs) led to balance disorders, the additive neurotoxic effects during a weekly occupational exposure, defined as a subchronic exposure, to our knowledge, are less understood. Whereas the neurotoxic effects of exposure to higher concentrations on balance control is easily quantifiable by classical posturographic tests, the evaluation of the effects during a chronic and subchronic exposure to lower concentrations to volatile organic solvent requires a sensitization of the tests, e.g. through the use of sensory conflict. In this respect, the aim of this study was to evaluate the neurotoxic effects of chronic and subchronic exposures to volatile organic solvents at low concentrations on postural regulation mechanisms during sensory conflicting situations in workers in plant manufacturing adhesive materials.

III.2.2. MATERIAL AND METHODS

III.2.2.1. SUBJECTS

The exposed group was composed of 18 workers in a manufacturing plant of adhesive (11 women and 7 men, median age = 44.5 years, interquartile range (IQR) = 4.7 years; see Table 1 for anthropometric characteristics). In the job for a median duration of 21.0 years (IQR = 12.5 years), their main activity consists in preparing chemical products for adhesive fabrication. However, during these activities, subjects wear gloves and an overall to avoid direct skin contact. Indeed, they are routinely submitted to exposure to different organic solvents, the main currently used being toluene and *n*-hexane in addition to acetone and methylethylketone.

The control group was composed of 32 pastry working workers (23 women and 9 men, median age = 39.0 years, IQR = 9.2 years; see Table 1 for anthropometric characteristics) which were not nor had been exposed to solvents.

All subjects were free from any known CNS pathology, with no muscular, joint or bone traumatism of the trunk or the lower limbs, and no middle or inner ear affection interfering with postural control during the preceding six months. Moreover, no medication was being taken in both groups. The educational level and duration of standing during work could be considered as similar between the exposed and control groups. All participants were day-time workers with fixed hours and non-smokers. Any alcoholic beverage consumption was declared.

III.2.2.2. Metrology and biological exposure indicator

Classification of the used toxic solvents in one of the Tunisian adhesive manufacturing company allow to determined the offending agent present, i.e. acetone, *n*-hexane, methylethylketone (MEK) and toluene. An environmental metrology of solvents and a determination of the biological exposure indicators of

the solvents were carried out to assess the impact of the exposure of the current employees.

To determine the concentration of solvents in the atmosphere, 7 atmospheric samples in the adhesive manufacturing company and 5 atmospheric samples in the company of agro-alimentary were mode at different workplaces. The study took place while subjects were undertaking their typical activities, both adhesive manufacturing plant workers and control volunteers. Atmospheric sampling were realized via a sampling system placed nearly at 1:50 m above sol. Pump (SKC® 210-1002 TX) air flow rate was adjuncted to 100 (±5%) cm3/mn and the sucked air was passed through an activated carbon tube weighing 200 to 800 mg (Tube SKC® 226-16) during 4 hours (Wednesday morning). Solvents containing air were then adsorbed and trapped in the tubes. After desorption with 1 ml of carbon sulfur, the solution was analyzed by gas chromatography (GCP) in external mode of calibration using a semi-capillary column and a flame ionization detector. These sampling away were carried out with reference to the Average Exposure Values (AEV) of solvents calculated based on 8 working hours/day and 39 hours/week. However, in the absence of Tunisian exposure limit values (metrological and biological) (JORT 94-28, 1994; JORT 95-56, 1995), this study referred to the most severe values between the French, and/or the American, and/or the German values, i.e., 1200 mg/m^3 for acetone, 72 mg/m^3 for *n*-hexane, 600 mg/m^3 for MEK and 190 mg/m^3 for toluene (Triolet, 1999; Courtois, 2007).

All employees of the adhesive manufacturing model company profited from an urinary sampling at the end of the week and at the end of the work shift (Thursday afternoon). Metabolites of the above mentioned solvents were analysed. The Biological Exposure Index (BEI) of solvents used were the acetone, the 2,5-hexandione, the methylethylketone and hippuric acid. As for the metrological exposure limit values, this study referred to the most severe BEI values between the French, and/or the American, and/or the German values i.e., 50 mg/l for acetone, 0.4 mg/l for 2,5-hexandione, 2 mg/l for methylethylketone and 1600 mg/g creat for hippuric acid (Schneider and Brondeau, 2006).

III.2.2.3. Posturographic tests

Posturographic tests were evaluated two times by voluntary in the same week, the Monday morning after 48 hours without exposure, and the Thursday morning after 72 hours with occupational exposure. Concerning the control group, posturographic tests were performed during the Tuesday and the Friday morning. Performing posturographic test on the morning allows avoiding the effects of an acute exposure to solvents during the workday.

Posturographic tests, which were performed in a room especially organized in the manufacturing and in the pastry working workplace, were recorded on a vertical

force platform (Médicapteurs, Nice, France) mounted on three strain-gauge force transducers, providing description of the body sway in terms of displacement of the centre of foot pressure (CoP) in a two dimensional horizontal plane. Statokinesigrams represent measurement of sway path (SP) traveled and the area covered by the CoP and helped to determine an equilibrium score (ES). Good postural control is mainly reflected by low values for SP and area parameters, conveying efficiency and precision of postural control, respectively (Perrin *et al*., 1999). For each test the subject was required to stand barefoot and upright on the platform, feet 30° apart, remaining as stable as possible and breathing normally with their arms at their sides. All subjects were tested under six different standing conditions during 20 seconds with one trial for condition 1 (C1) and 2 (C2) and three trials for condition 3 to 6 (C3–C6), evaluating their ability to make effective use of sensory inputs (visual, vestibular and somatosensory) and to suppress sensory information that is altered. To give inadequate information, we impaired somatosensory cues by placing a foam support on the platform, while we disrupted visual ones by using a technique commonly referred to as sway-referenced. This latter technique, using a canopy, involved tilting the visual surround to directly follow the subject's head movement and thus prevent visual information from being taken from environmental landmarks.

The test procedure was composed of six conditions; the first two provide a basic measurement of the subject's stability. Somatosensory information is accurate and the subject's eyes are open (C1) or closed (C2). In C3 somatosensory cues remain accurate, while the subject stands, eyes open, within a sway-referenced visual surround. From C4 to C6 somatosensory information is systematically perturbed and vision is successively fixed (C4), absent (C5) and sway-referenced (C6). In C3 and C4, a sensory conflict is induced, but relatively easy to solve according to a ratio between the number of disrupted information and the number of reliable information (one disrupted cue for two reliable cues). The sensory conflict is more difficult to solve in C5 and C6 (one disrupted cue for one reliable cue, vision being absent in C5; two disrupted cues for one reliable cue in C6). In order to evaluate the subject's ability to adapt and adjust motor control performance correctly and rapidly to changing external and internal constraints, we calculated a global equilibrium score (G^{ES}) by averaging the scores for $C1^{ES}$ and $C2^{ES}$, then adding to the scores from each trial of $C3^{ES}$, $C4^{ES}$, $C5^{ES}$ and $C6^{ES}$, and finally dividing that sum by the total number of trials (similar procedure to the composite equilibrium score calculation from the sensory organization test (EquiTest®, NeuroCom, Clackamas, OR, USA) (Nashner and Peters, 1990).

III.2.2.4. STATISTICAL ANALYSIS

Because the sample size was relatively small, which precluded assessing the normality distribution of the study variables, we used a Mann & Whitney test to compare performances in posturography tests between the two groups; this test was also used for age, height, weight, BMI parameters described in the method section. For the same reason, descriptive results are exhibited with median values associated with interquartile range (IQR). Statistically significant differences were accepted for a probability level of $P \leq 0.05$ and borderline significance was defined as a probability level of $P \leq 0.10$.

III.2.3. RESULTS

Concerning age and anthropometric characteristics, no statistically significant difference was observed between exposed and control groups for all parameters (Table 50).

Atmospheric solvent exposure median values in the manufacturing plant of adhesive workers were 222.00 mg/m^3 for *n*-hexane (IQR= 119.50), 102.00 mg/m^3 (IQR = 55.50) for toluene. The atmospheric concentrations of *n*-hexane were particularly high particular in the workshop of the solvent adhesive whereas concentrations of toluene were without exceeding the AEV. Acetone and MEK have also been detected in the samples; their concentrations were respectively 20.00 mg/m^3 (IQR = 176.00) and 31.00 mg/m^3 (IQR = 38.00) representing less than 5% of AEV. Atmospheric solvent exposure values in the pastry workers were below the limits of detection (<0.30 mg/m^3) (Table 51). Metabolic solvents exposure median values in the adhesive workers were 462.50 mg/g creat for hippuric acid (toluene metabolite) (IQR= 718.33), 0.52 mg/l for 2,5-hexanedione (IQR= 0.62). According to the atmospheric concentration measures, acetone and MEK metabolites were low with respectively, 4.70 mg/l (IQR= 2.20) and 0.20 mg/l (IQR= 0.20) representing less than 10% of BEI.

For posturographic tests performed at the beginning of the week, i.e. after a whole week end free of exposure (Table 52), posturographic data were higher in the exposed group than in the control group, statistically significant differences being observed, for the area parameter, for $C4^{ES}$ and for the SP parameter, for $C1^{ES}$, $C4^{ES}$ and G^{ES}. Borderline significance was observed for the SP parameter for $C6^{ES}$.

For posturographic tests performed at the end of the week, i.e. after 72 hours with occupational exposure (Table 53), posturographic data were higher in the exposed group than in the control group, statistically significant differences being observed,

for the area parameter, for $C1^{ES}$ and $C4^{ES}$ and, for the SP parameter, for $C1^{ES}$, $C4^{ES}$, $C5^{ES}$, $C6^{ES}$ and G^{ES}. Borderline significance was observed for the area parameter, for $C6^{ES}$ and G^{ES}.

III.2.4. DISCUSSION

In this study, exposed workers showed a reduced quality of balance control after a chronic exposure to solvent mixture. Moreover, the ability to efficiently adjust postural performance in sensory conflict situations, particularly when conditions were managed by vestibular information, is worst after a subchronic exposure. Only are distinguished the operations from manufacture of the solvent adhesive, where a strong exposure to *n*-hexane is recorded. It is also noted in the laboratory and the store of the end products.

Some features of our study should be considered; firstly indirect evidence from an occupational study (Cardona *et al*., 1996) showed that workplace acetone concentrations had a statistical correlation with the ratio of urinary *n*-hexane metabolites to *n*-hexane air concentration, although it did not correlate with measured urinary metabolites. However, in our study, the acetone air concentrations were extremely lower reducing or eliminating this supposed interaction. Secondly, our study design allowed for a washout period of about 48 hours, so that any effect would be expected to relate to long-term rather than to short term exposures. After inhalation of toluene concentrations equal to 200 mg/m^3 during 2 hours, 78 % of toluene had been excreted 20 hours later (Lof *et al*., 1993). Solvent level in blood increased rapidly (with a maximal concentration in blood at 9.2 ± 1.4 µmol/l) and then levelled off toward the end of exposure with a total excretion of hippuric acid in urine after 9.0 ± 3.4 hours (Ernstgård *et al*., 1999). After inhalation of *n*-hexane, workers exposed to approximately 180 mg/m^3 *n*-hexane excreted 3-4 mg/24 hours (Perbellini *et al*., 1993). In our study the 2,5-hexanedione was 0.67 mg/l and the air concentration of toluene was 93.3 mg/m^3, thus 48 hours without solvents exposure could be considerate enough long to eliminate the presence of these solvents in the body.

In this study, exposed workers demonstrated a diminished maintenance of postural control appropriate for the environmental context, especially after a subchronic exposure. This suggests that volatile organic solvents affect high levels on CNS, especially integration and processing levels of postural regulation during sensory conflict situations. Previous studies have also shown that long-term exposure to organic solvents impaired balance control at higher concentrations than those observed in this study (Yokoyama *et al*., 1997; Aylott and Prasher, 2002; Iwata *et al*., 2005). This could be explained by the depressant effect of solvents exposure on the

CNS (White and Proctor, 1997) and particularly on cortical and subcortical structures (Ameno *et al*., 1992; Magnusson *et al*., 1998). Moreover, exposure to solvent mixtures, by affecting especially the sensitivity and functionality of central vestibular pathways (Niklasson *et al*., 1997; Aylott and Prasher, 2002), could lead to impaired ability to manage sensory conflicts, resulting in postural instability. Moreover, signs of CNS toxicity after *n*-hexane inhalation in human may also be present due to other components in the inhaled mixtures, e.g., toluene (Spencer *et al*., 1980).

Co-exposure to *n*-hexane and toluene, observed in the manufacturing adhesive plant, imply neurotoxic effects due only to CNS alterations structures, revealed by a less efficient balance control which was worst after subchronic exposure. Indeed, peripheral neuropathy has been reported in humans industrially exposed to *n*-hexane or through abuse of glues or solvents containing *n*-hexane (Herskowitz *et al*., 1971). Other symptoms, such as headache, dizziness and decreasing of motor nerve conduction velocity have been observed after chronic exposure in the range of 200-460 mg/m^3 (Sanagi *et al*., 1980; Mutti *et al*., 1982). However, co-exposure to *n*-hexane and toluene at long-term with high dose prevented the decrease in peripheral nerve conduction velocities. In this respect, previous study where both peripheral and central nervous system effects were measured in rats co-exposed to *n*-hexane and toluene, toluene exposure at 1400 ppm for 14 hours a day for 9 weeks prevented the peripheral neurotoxicity (decreased grip strength and nerve conduction velocities) caused by exposure to 4000 ppm *n*-hexane alone. Whereas, there was no reciprocal action of *n*-hexane on the motor syndrome (shortened and widened gait and widened landing foot splay) and hearing loss caused by toluene. Brainstem auditory response amplitudes were decreased by *n*-hexane, co-exposure to toluene did not block this effect (Pryor and Rebert, 1992).

Several studies have shown significant adverse health effects, predominantly in the CNS in workers after chronic exposure to toluene in the range of 157-251 mg/m^3 on color vision, auditory evoked brain potentials and neurobehavioral parameters (Foo *et al*., 1990; Abbate *et al*., 1993; Vrca *et al*., 1995; Boey *et al*., 1997; Eller *et al*., 1999; Gericke *et al*., 2001). Few studies have been conducted to understand the effect of low doses of toluene on a long duration (Soulage *et al*., 2004) and particularly the added neurotoxic effects due to a subchronic exposure on balance control. Chronic low-level exposure to toluene had negative effects on vestibulo-proprioceptive functionalities (Smith *et al*., 1997). In human, vestibular dysfunction was observed in 55% of painters examined, mainly in the form of reduced caloric vestibular reactions (Arlien-Søborg *et al*., 1981). Moreover, experiments on rats demonstrated that the regional distribution of toluene in the brain showed the highest concentrations in the brainstem, particularly in the pons and medulla oblongata, and the lowest in the

hippocampus and the cerebral cortex, intermediate concentrations being found in the hypothalamus and the cerebellum (Ameno *et al*., 1992); moreover, toluene affected the integrative level of postural regulation by inhibiting synaptic transmission of the vestibular nucleus neurons (Magnusson *et al*., 1998). Consequently, these findings could explain our observations during postural situation requiring vestibular pathway integrity and a lower use of vestibular pathways in the exposed group, despite very low chronic in addition to subchronic exposure levels.

III.2.5. CONCLUSION

This study suggests that subchronic low-level exposure to volatile organic solvents, mainly *n*-hexane and toluene is related to adverse effects in the CNS, leading to a vestibular pathway activity diminution. Therefore, the neurotoxicity of volatile organic solvents should be carefully re-evaluated taking into account not only the exposure level but also the duration. Thus, these results highlight alterations on neuromotor functions, particularly on balance control, due to chronic in addition to subchronic solvents exposure, and might open routes for preventive strategies in occupational accidents, especially falls in the workplace, such as an integration of recovery period in the middle of the week for exposed workers.

Acknowledgments

We gratefully acknowledge the directorates of the plant manufacturing adhesive materials (SIFCOL, Sfax, Tunisia) and of the pastry (Masmoudi, Sfax, Tunisia) and the workers for their participation.

III.2.6. REFERENCES

Arlien-Søborg PA, Zilstorff K, Grandjean B and Milling Pedersen L (1981) Vestibular dysfunction in occupational chronic solvent intoxication. *Clin. Otolaryngol. Allied Sci.* **6**, 285-290.

Abbate C, Giorgianni C and Munao F (1993) Neurotoxicity induced by exposure to toluene: an electrophysiologic study. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **64**, 389-392.

Ameno K, Kiriu T, Fuke C, Ameno S, Shinohara T and Ijiri I (1992) Regional brain distribution of toluene in rats and in human autopsy. *Arch. Toxicol.* **66**, 153-156.

Aydin K, Sencer S, Ogel K, Genchellac H, Demir T and Minareci O (2003) Single-voxel proton MR spectroscopy in toluene abuse. *Magn Reson Imaging.* **21**, 777-785.

Aylott S and Prasher D (2002) Solvents impair balance in man. *Noise Health* **4**, 63-71.

Baker EL, (1994) A review of recent research on health effects of human occupational exposure to organic solvents. A critical review. *J. Occup. Med.* **36**, 1079-1092.

Boey KW, Foo SC and Jeyaratnam J (1997) Effects of occupational exposure to toluene: a neuropsychological study on workers in Singapore. *Ann. Acad. Med. Singapore* **26**, 84-87.

Caldemeyer KS, Armstrong SW, George KK, Moran CC and Pascuzzi RM (1996) The spectrum of neuroimaging abnormalities in solvent abuse and their clinical correlation. *J Neuroimaging.* **6**, 167-173.

Cardona A, Marhuenda D, Prieto MJ, Martí J, Periago JF and Sánchez JM (1996) Behaviour of urinary 2,5-hexanedione in occupational co-exposure to *n*-hexane and acetone. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **68**, 88-93.

Courtois B. (2007) Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France), ED 984.

Eller N, Netterstrom B and Laursen P (1999) Risk of chronic effects on the central nervous system at low toluene exposure. *Occup. Med.* **49**, 389-395.

Ernstgård L, Gullstrand E, Johanson G and Löf A (1999) Toxicokinetic interactions between orally ingested chlorzoxazone and inhaled acetone or toluene in male volunteers. *Toxicol. Sci.* **48**, 189-196.

Foo SC, Jeyaratnam J and Koh D (1990) Chronic neurobehavioral effects of toluene. *Br. J. Ind. Med.* **47**, 480-484.

Gericke C, Hanke B, Beckmann G, Baltes MM, Kühl PK and Neubert D (2001) Multicenter field trial on possible health effects of toluene. III. Evaluation of effects after long-term exposure. *Toxicology* **168**, 185-209.

Herskowitz A, Ishii N and Schaumburg H (1971) *n*-Hexane neuropathy: a syndrome occurring as a result of industrial exposure. *N. Engl. J. Med.* **285**, 82-85.

Horak FB, Shupert CL and Mirka A (1989) Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. *Neurobiology of aging* **10**, 727-738.

Hunting KL, Matanoski GM, Larson M and Wolford R (1991) Solvent exposure and the risk of slips, trips, and falls among painters. *Am. J. Ind. Med.* **20**, 353-370.

Indulski JA, Sińczuk-Walczak H, Szymczak M and Wesołowski W (1996) Neurological and neurophysiological examinations of workers occupationally exposed to organic solvent mixtures used in the paint and varnish production. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health.* **9**, 235-244.

Iwata T, Mori H, Dakeishi M, Onozaki I and Murata K (2005) Effects of mixed organic solvents on neuromotor functions among workers in Buddhist altar manufacturing factories. *J. Occup. Health* **47**, 143-148.

Jones AP, (1999) Indoor air quality and health. *Atmos. Environ.* **33**, 4535-4564.

JORT (Journal Officiel de la République Tunisienne) (1994) Loi n° 94-28, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. *JORT* **15**, 308-318.

JORT (Journal Officiel de la République Tunisienne) (1995) Loi n° 95-56, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. *JORT* **53**, 1419-1424.

Kishi R, Harabuchi I, Katakura Y, Ikeda T and Miyake H (1993) Neurobehavioral effects of chronic occupational exposure to organic solvents among Japanese industrial painters. Environ. Res. **62**, 303-313.

Kuo W, Bhattacharya A, Succop P and Linz D (1996) Postural stability assessment in sewer workers. *J. Occup. Environ. Med.* **38**, 27-34.

Ledin T, Jansson E, Möller C and Odkvist LM (1991) Chronic toxic encephalopathy investigated using dynamic posturography. *Am. J. Otolaryngol.* **12,** 96-100.

Lee YL, Pai MC, Chen JH and Guo YL (2003) Central neurological abnormalities and multiple chemical sensitivity caused by chronic toluene exposure. *Occup. Med.* **53**, 479-482.

Lof A, Hjelm EW, Colmsjo A, Lundmark BO, Norström A and Sato A (1993) Toxicokinetics of toluene and urinary excretion of hippuric acid after human exposure to 2H8-toluene. *Br. J. Ind. Med.* **50**, 55-59.

Magnusson AK, Sulaiman MR, Dutia MB and Tham R (1998) Effects of toluene on tonic firing and membrane properties of rat medial vestibular nucleus neurones in vitro. *Brain Res.* **779**, 334-337.

Massion J and Woollacott MH (1996) Posture and equilibrium. In: Bronstein AM, Brandt T and Woollacott M (Eds), *Balance, posture and gait* (Arnold, London, UK), pp 1-18.

Miyagi Y, Shima F, Ishido K, Yasutake T and Kamikaseda (1999) Tremor induced by toluene misuse successfully treated by a Vim thalamotomy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* **66**, 794-796.

Mutti A, Ferri F, Lommi G, Lotta S, Lucertini S and Franchini I (1982) n-Hexane-induced changes in nerve conduction velocities and somatosensory evoked potentials. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **51**, 45-54.

Nashner LM and Peters JF (1990) Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. *Neurol. Clin.* **8**, 331-349.

Niklasson M, Moller C, Odkvist LM, Ekberg K, Flodin U, Dige N and Skoldestig A (1997) Are deficits in the equilibrium system relevant to the clinical investigation of solvent-induced neurotoxicity?. *Scand. J. Work Environ. Health* **23**, 206-213.

Perbellini L, Pezzoli G, Brugnone F and Canesi M (1993) Biochemical and physiological aspects of 2,5-hexanedione: Endogenous or exogenous product?. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **65**, 49-52.

Perrin PP, Gauchard GC, Perrot C and Jeandel C (1999) Effects of physical and sporting activities on balance control in elderly people. *Br. J. Sports Med.* **33**, 121-126.

Pryor GT and Rebert CS (1992) Interactive effects of toluene and hexane on behavior and neurophysiologic responses in Fischer-344 rats. *Neurotoxicology* **13**, 225-234.

Ridgway P, Nixon TE and Leach JP (2003) Occupational exposure to organic solvents and long-term nervous system damage detectable by brain imaging, neurophysiology or histopathology. *Food Chem Toxicol.* **41**, 153-187.

Roll JP and Roll R (1988) From eye to foot: a proprioceptive chain involved in postural control. In: Amblard B, Berthoz A and Clarac F (eds) *Posture and gait: development adaptation and modulation.* (Elsevier, Amsterdam, PB) pp 155-164.

Sanagi S, Seki Y, Sugimoto K and Hirata M (1980) Peripheral nervous system functions of workers exposed to *n*-hexane at a low level. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **47**, 69-79.

Schneider O, Brondeau MT (2006) Indices Biologiques d'Exposition. ND 2245-202-06. *Cahier Notes Doc* **202**, 49-65.

Smith LB, Bhattacharya A, Lemasters G, Succop P, Puhala E, Medvedovic M and Joyce J (1997) Effect of chronic low-level exposure to jet fuel on postural balance of US Air Force personnel. *J. Occup. Environ. Med.* **39**, 623-632.

Soulage C, Perrin D, Berenguer P and Pequignot JM (2004) Sub-chronic exposure to toluene at 40 ppm alters the monoamine biosynthesis rate in discrete brain areas. *Toxicology* **196**, 21-30.

Spencer PS, Schaumburg HH, Sabri MI and Veronesi B (1980) The enlarging view of hexacarbon neurotoxicity. *CRC Crit. Rev. Toxicol.* **17**, 279-356.

Sułkowski WJ, Kowalska S, Matyja W, Guzek W, Wesołowski W, Szymczak W and Kostrzewski P (2002) Effects of occupational exposure to a mixture of solvents on the inner ear: a field study. *Int J Occup Med Environ Health.* **15**, 247-256.

Triolet J (1999) Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses. Valeurs de l' ACGIH (Etats-Unis) et de la Commission MAK (Allemagne). ND 2114-176-99. *Cahier Notes Doc* **176**, 59-90.

Vouriot A, Gauchard GC, Chau N, Benamghar L, Lepori ML, Mur JM and Perrin PP (2004) Sensorial organisation favouring higher visual contribution is a risk factor of falls in an occupational setting. *Neurosci. Res.* **48**, 239-247.

Vouriot A, Hannhart B, Gauchard GC, Barot A, Ledin T, Mur JM and Perrin PhP (2005) Long-term exposure to solvents impairs vigiliance and postural control in serigraphy workers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **78**, 510-515.

Vrca A, Bozicevic D and Karacic V (1995) Visual evoked potentials in individuals exposed to long-term low concentrations of toluene. *Arch. Toxicol.* **69**, 337-340.

White RF and Proctor SP (1997) Solvents and neurotoxicity. *Lancet* **349**, 1239-1243.

Xiao JQ and Levin SM (2000) The diagnosis and management of solvent-related disorders. *Am. J. Ind. Med.* **37**, 44-61.

Yokoyama K, Araki S, Murata K, Nishikitani M, Nakaaki K, Yokota J, Ito A and Sakata E (1997) Postural sway frequency analysis in workers exposed to n-hexane, xylene, and toluene: assessment of subclinical cerebellar dysfunction. *Environ. Res.* **74**, 110-115.

Table 50. Characteristics of subjects – Median values (Med), associated interquartile range (IQR) of the anthropometric data (age, height, weight, body mass index -BMI). *P* values in normal typography = No significance.

	Exposed (n = 18)	Controls (n = 32)	U Mann & Whitney
	Med (IQR)	Med (IQR)	z E/C ; Significance
Age	44.5 (4.7)	39.0 (9.2)	z = -1.51 ; *P* = 0.13
Height (cm)	162.5 (10.7)	161.5 (8.2)	z = -0.51 ; *P* = 0.61
Weight (kg)	72.5 (15.7)	71.0 (14.7)	z = -1.06 ; *P* = 0.29
BMI (kg/m²)	27.4 (3.1)	26.1 (4.9)	z = -0.78 ; *P* = 0.44

Table 51. Metrology – Median values (Med), associated interquartile range (IQR) of the atmospheric concentrations (mg/m³).

Type of unit	n	*n*-Hexane	Toluene	MEK	Acetone
		Med (IQR)	Med (IQR)	Med (IQR)	Med (IQR)
Company of manufacture of adhesive: Exposed population					
Unit of the solvent adhesive	4	261.00 (340.25)	126.50 (23.50)	61.50 (22.50)	188.50 (197.50)
Laboratory	2	140.50 (60.50)	56.00 (5.00)	29.50 (1.50)	12.65 (7.35)
Store of the end-products	1	82.00 (0.00)	102.00 (0.00)	13.00 (0.00)	<0.30
Global exposure		222.00 (119.50)	102.00 (55.50)	31.00 (38.00)	20.00 (176.85)
Company of agro-alimentary (pastry making): Non exposed population					
Unit of production	5	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30

Table 52. Posturographic test at the beginning of the week (chronic exposure) – Median results (Med), associated with interquartile range (IQR), of the equilibrium score (ES) for the six conditions ($C1^{ES}$, $C2^{ES}$, $C3^{ES}$, $C4^{ES}$, $C5^{ES}$ and $C6^{ES}$), the global equilibrium score (G^{ES}) observed in the Exposed and Control groups for sway path (SP) and area parameters. *P* values in bold = significance; *P* values in italics = tendency to significance and *P* values in normal typography = No significance.

		Exposés (n = 18)	**Control (n = 32)**	**U Mann & Whitney**
		Med (IQR)	Med (IQR)	z E/C ; Significance
Equilibrium score (area parameter)	$C1^{ES}$	140.00 (74.25)	124.00 (83.25)	z = -1.21 ; *P* = 0.22
	$C2^{ES}$	125.50 (111.75)	113.50 (95.25)	z = -0.28 ; *P* = 0.77
	$C3^{ES}$	100.33 (52.00)	107.50 (79.75)	z = -0.29 ; *P* = 0.77
	$C4^{ES}$	142.33 (78.83)	90.17 (41.25)	z = -2.29 ; ***P* = 0.02**
	$C5^{ES}$	131.33 (88.08)	123.00 (59.83)	z = -0.97 ; *P* = 0.33
	$C6^{ES}$	117.00 (145.58)	108.17 (51.58)	z = -1.38 ; *P* = 0.17
	G^{ES}	125.25 (81.57)	116.57 (48.91)	z = -1.41 ; *P* = 0.16
Equilibrium score (SP parameter)	$C1^{ES}$	197.50 (40.00)	151.50 (51.25)	z = -3.22 ; ***P* = 0.01**
	$C2^{ES}$	216.50 (108.75)	202.00 (84.50)	z = - 0.87 ; *P* = 0.38
	$C3^{ES}$	203.00 (67.25)	159.33 (48.42)	z = -1.50 ; *P* = 0.13
	$C4^{ES}$	179.50 (38.42)	140.17 (45.58)	z = -3.02 ; ***P* = 0.01**
	$C5^{ES}$	217.83 (65.67)	194.00 (56.25)	z = -1.24 ; *P* = 0.21
	$C6^{ES}$	189.67 (70.17)	158.17 (51.25)	z = -1.66 ; *P = 0.09*
	G^{ES}	203.46 (56.63)	166.61 (48.39)	z = -2.04 ; ***P* = 0.04**

Table 53. Posturographic test at the end of the workshift (chronic and subchronic exposure) – Median results (Med), associated with interquartile range (IQR), of the equilibrium score (ES) for the six conditions ($C1^{ES}$, $C2^{ES}$, $C3^{ES}$, $C4^{ES}$, $C5^{ES}$ and $C6^{ES}$), the global equilibrium score (G^{ES}) observed in the Exposed and Control groups for sway path (SP) and area parameters. *P* values in bold = significance; *P* values in italics = tendency to significance and *P* values in normal typography = No significance.

		Exposés (n = 18)	**Control (n = 32)**	**U Mann & Whitney**
		Med (IQR)	Med (IQR)	z E/C ; Significance
Equilibrium score (area parameter)	$C1^{ES}$	148.50 (138.75)	90.00 (90.25)	z = -2.08 ; ***P* = 0.04**
	$C2^{ES}$	134.50 (65.50)	128.50 (65.75)	z = - 0.47 ; *P* = 0.63
	$C3^{ES}$	100.83 (51.00)	87.00 (57.33)	z = -0.98 ; *P* = 0.33
	$C4^{ES}$	138.00 (99.08)	78.33 (45.25)	z = -2.76 ; ***P* = 0.01**
	$C5^{ES}$	143.33 (88.42)	127.17 (64.00)	z = -1.53 ; *P* = 0.13
	$C6^{ES}$	153.50 (150.75)	105.17 (66.25)	z = -1.77 ; *P = 0.07*
	G^{ES}	141.14 (78.68)	109.43 (54.80)	z = -1.92 ; *P = 0.06*
Equilibrium score (SP parameter)	$C1^{ES}$	195.00 (47.75)	169.00 (52.50)	z = -2.68 ; ***P* = 0.01**
	$C2^{ES}$	231.50 (92.00)	223.00 (69.75)	z = - 0.57 ; *P* = 0.56
	$C3^{ES}$	187.67 (73.75)	166.50 (50.58)	z = -1.33 ; *P* = 0.18
	$C4^{ES}$	183.33 (43.42)	146.50 (34.25)	z = -3.07 ; ***P* = 0.01**
	$C5^{ES}$	235.67 (60.33)	189.00 (49.50)	z = -2.02 ; ***P* = 0.04**
	$C6^{ES}$	206.50 (67.83)	162.33 (54.33)	z = -2.19 ; ***P* = 0.03**
	G^{ES}	207.04 (58.52)	169.25 (42.16)	z = -2.18 ; ***P* = 0.03**

V. CONCLUSION

L'exposition à long terme aux solvants organiques affecte diverses structures sensorielles et motrices du système nerveux central aussi bien que son fonctionnement cognitif.

D'ailleurs, l'exposition aux solvants augmente le risque des accidents professionnels, particulièrement des glissades et des chutes au travail. Ces types d'accidents ont pu être principalement dus à un déficit dans quelques processus cérébraux et, en particulier, dans les fonctions impliquées dans la vigilance et la commande posturale.

Cette étude a montré que l'exposition à long terme aux solvants organiques volatils, principalement l'hexane et le toluène, est responsable d'une réduction de la vigilance et de l'affaiblissement de la commande d'équilibre, particulièrement les environnements sensoriels moins fiables, dus à une insuffisance des mécanismes centraux. En affectant l'exécution et la vigilance posturales, l'exposition aux solvants organiques contribue au comportement de prédisposition aux accidents « accident-prone » en milieu professionnel.

Par conséquent, des stratégies préventives visées à réduire la pollution environnementale de ces risques chimiques doivent être encouragées, aussi bien que l'utilisation des équipements de protection individuelle. De tels essais posturographiques, étant utiles pour apprécier de façon précise les effets neurotoxiques centraux précliniques, peuvent être recommandés dans une batterie d'essai visant à évaluer les effets des agents neurotoxiques dans l'environnement professionnel.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(Utilisées dans toute la partie 3)

1. **Abbate C, Giorgianni C and Munao F**. Neurotoxicity induced by exposure to toluene: an electrophysiologic study. Int. Arch Occup Environ Health 1993,64:389-92.
2. **Ameno K, Kiriu T, Fuke C, Ameno S, Shinohara T and Ijiri I.** Regional brain distribution of toluene in rats and in human autopsy. Arch Toxicol 1992,66:153-6.
3. **Arlien-Søborg PA, Zilstorff K, Grandjean B and Milling Pedersen L**. Vestibular dysfunction in occupational chronic solvent intoxication. Clin Otolaryngol Allied Sci 1981, 6: 285-90.
4. **Armstrong TW, Caldwell DJ, Verma DK.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hygiene 2005,2:600-7.
5. **Aydin K, Sencer S, Ogel K, Genchellac H, Demir T and Minareci O.** Single-voxel proton MR spectroscopy in toluene abuse. Magn Reson Imaging 2003, 21:777-85.
6. **Aylott S and Prasher D.** Solvents impair balance in man. Noise Health 2002,4:63-71.
7. **Baker EL.** A review of recent research on health effects of human occupational exposure to organic solvents. A critical review. J Occup Med 1994,36:1079-92.
8. **Baldasseroni A, Bavazzano P, Buiatti E, Lanciotti E, Lorini C, Biggeri A.** Occupational exposure to n-hexane in Italy, analysis of a registry of biological monitoring. Int Arch Occup Environ Health 2003,76:260-6.
9. **Boey KW, Foo SC and Jeyaratnam J**. Effects of occupational exposure to toluene: a neuropsychological study on workers in Singapore. Ann Acad Med Singapore 1997,26:84-7.
10. **Caldemeyer KS, Armstrong SW, George KK, Moran CC and Pascuzzi RM**. The spectrum of neuroimaging abnormalities in solvent abuse and their clinical correlation. J Neuroimaging 1996, 6:167-73.
11. **Cardona A, Marhuenda D, Marti J, Brugnone F, Roel J, Perbellini L.** Biological monitoring of occupational exposure to n-hexane by measurements of urinary 2,5-hexadione. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:71-4.
12. **Cardona A, Marhuenda D, Prieto M J, Marti J, Periago J-F, Sanchez J-M.** Behaviour of urinary 2,5-hexanedione in occupational co-exposure to n-hexane and acetone. Int Arch Occup Environ Health 1996,68:88-93.
13. **Courtois B.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France) décembre 2007, ED 984 : 19 pages
14. **Dor F, Bonvallot N.** Identification des dangers : une étape de l'évaluation des risques sanitaires à approfondir. Environnement, Risque et Santé 2005,6:279-87.
15. **Eller N, Netterstrom B and Laursen P.** Risk of chronic effects on the central nervous system at low toluene exposure. Occup Med 1999,49:389-95.
16. **Ernstgård L, Gullstrand E, Johanson G and Löf A**. Toxicokinetic interactions between orally ingested chlorzoxazone and inhaled acetone or toluene in male volunteers. Toxicol Sci 1999,48:189-96.
17. **Foo SC, Jeyaratnam J and Koh D.** Chronic neurobehavioral effects of toluene. Br J Ind Med 1990, 47:480-4.
18. **Gericke C, Hanke B, Beckmann G, Baltes MM, Kühl PK and Neubert D**. Multicenter field trial on possible health effects of toluene. III. Evaluation of effects after long-term exposure. Toxicology 2001,168:185-209.
19. **Gonzalez M, Velten M, Cantineau A.** Evaluation de l'exposition aux solvants dans une étude épidémiologique portant sur 249 salariés. Arch mal prof env 1999,60:432-4.

20. **Grandjean P, Budtz-Jørgensen E.** Total imprecision of exposure biomarkers: Implication for calculating exposure limites. Am J Ind Med 2007,50:712-9.
21. **Green RS, Gold EB, Samuels SJ, Dosemeci M.** The relation of occupational organic solvent exposure to symptom reporting in a sample of white and Chinese midlife women. J Occup Environ Med 2005,47:410-23.
22. **Herskowitz A, Ishii N and Schaumburg H.** n-Hexane neuropathy: a syndrome occurring as a result of industrial exposure. N Engl J Med 1971,285:82-5.
23. **Hervé-Bazin B.** Guide d'évaluation de l'exposition au risque toxique sur les lieux de travail par échantillonnage de l'atmosphère. ND 1730-135-89. Cahier Notes Doc 1989,135:265-88.
24. **Horak FB, Shupert CL and Mirka A.** Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. Neurobiology of aging 1989,10:727-38.
25. **Hunting KL, Matanoski GM, Larson M and Wolford R**. Solvent exposure and the risk of slips, trips, and falls among painters. Am J Ind Med 1991,20:353-70.
26. **Imbriani M, Ghittori S.** Gases and organic solvents in urine as biomarkers of occupational exposure : a review. Int Arch Occup Environ Health 2005,78:1-19.
27. **Indulski JA, Sińczuk-Walczak H, Szymczak M and Wesołowski W.** Neurological and neurophysiological examinations of workers occupationally exposed to organic solvent mixtures used in the paint and varnish production. Int J Occup Med Environ Health 1996, 9:235-44.
28. **Institut de Recherche en Santé et en sécurité au Travail (IRSST) – Direction des opérations.** Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu du travail. IRSST, Canada (8ème édition) 2005. T-06:191 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (consulté le 15.08.2006)
29. **Iwata T, Mori H, Dakeishi M, Onozaki I and Murata K.** Effects of mixed organic solvents on neuromotor functions among workers in Buddhist altar manufacturing factories. J Occup Health 2005, 47:143-8.
30. **Jones AP**. Indoor air quality and health. Atmos. Environ. 1999,33:4535-64.
31. **Journal Officiel de la République Tunisienne (JORT)**. Loi n° 94-28 du 21 févier 1994, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. JORT, 22 février 1994 n° 15 : 308-18.
32. **JORT**. Loi n° 95-56 du 28 juin 1995, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. JORT, 4 juillet 1995 n° 53 : 1419-24.
33. **JORT**. Décret n° 2000-1985 du 12 septembre 2000, portant organisation et fonctionnement des services de médecine du travail. JORT, 22 septembre 2000 n° 76 : 2250-3.
34. **Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE).** Directive 2006/15/CE du 7 février 2006 établissant une deuxième liste de valeurs listes indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du conseil et portant modification des directives 91/322/CE et 2000/39/CE. JOUE du 9 février 2006 : L36-L39 (FR).
35. **Kishi R, Harabuchi I, Katakura Y, Ikeda T and Miyake H.** (1993) Neurobehavioral effects of chronic occupational exposure to organic solvents among Japanese industrial painters. Environ. Res. 62, 303-313.
36. **Kuo W, Bhattacharya A, Succop P and Linz D.** (1996) Postural stability assessment in sewer workers. J. Occup. Environ. Med. 38, 27-34.
37. **Ledin T, Jansson E, Möller C and Odkvist LM**. (1991) Chronic toxic encephalopathy investigated using dynamic posturography. Am. J. Otolaryngol. 12, 96-100.
38. **Lee YL, Pai MC, Chen JH and Guo YL**. (2003) Central neurological abnormalities and multiple chemical sensitivity caused by chronic toluene exposure. Occup. Med. 53, 479-482.
39. **Lin YS, Kupper LL, Rappaport SM.** Air samples versus biomarkers for epidemiology. Occup Environ Med 2005,62:750-60.

40. **Lof A, Hjelm EW, Colmsjo A, Lundmark BO, Norström A and Sato A.** () Toxicokinetics of toluene and urinary excretion of hippuric acid after human exposure to 2H8-toluene. Br J Ind Med 1993,50:55-9.
41. **Logman JFS, De Vries LE, Hemels MEH, Khattak S, Einarson TR.** Paternal organic solvent exposure and adverse pregnancy outcomes : A meta-analysis. Am J Ind Med 2005,47:37-44.
42. **Magnusson AK, Sulaiman MR, Dutia MB and Tham R**. Effects of toluene on tonic firing and membrane properties of rat medial vestibular nucleus neurones in vitro. Brain Res 1998, 779:334-7.
43. **Massion J and Woollacott MH**. Posture and equilibrium. In: Bronstein AM, Brandt T and Woollacott M (Eds), Balance, posture and gait. Arnold, London, UK 1996:pp 1-18.
44. **Mckee RH, Medeiros AM, Daughtrey WC.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hygiene 2005,2:524-42.
45. **Ministère de la santé et des solidarités (République Française).** Modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact. Circulaire N° DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.
46. **Miyagi Y, Shima F, Ishido K, Yasutake T and Kamikaseda.** Tremor induced by toluene misuse successfully treated by a Vim thalamotomy. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1999,66: 794-6.
47. **Mutti A, Ferri F, Lommi G, Lotta S, Lucertini S and Franchini I.** n-Hexane-induced changes in nerve conduction velocities and somatosensory evoked potentials. Int Arch Occup Environ Health 1982,51:45-54.
48. **Nashner LM and Peters JF.** Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. Neurol Clin 1990,8:331-49.
49. **Niklasson M, Moller C, Odkvist LM, Ekberg K, Flodin U, Dige N and Skoldestig A.** Are deficits in the equilibrium system relevant to the clinical investigation of solvent-induced neurotoxicity?. Scan. J Work Environ Health 1997,23:206-13.
50. **Perbellini L, Pezzoli G, Brugnone F and Canesi M**. () Biochemical and physiological aspects of 2,5-hexanedione: Endogenous or exogenous product?. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:49-52.
51. **Pergiago JF, Cardona A, Marhuenda D, Roel J, Villanueva M, Marti J, Luna A.** Biological monitoring of occupational exposure to n-hexane by exhaled air analysis and urinalysis. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:275-8.
52. **Perrin PP, Gauchard GC, Perrot C and Jeandel C.** Effects of physical and sporting activities on balance control in elderly people. Br J Sports Med 1999,33:121-26.
53. **Pillière F, Conso F.** Biotox : Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. INRS (France) septembre 2007, ED 791:252 pages [En ligne]www.inrs.fr (consulté le 15.09.2007)
54. **Poirot P, Hubert-Pelle G.** Profils d'exposition aux solvants et comparaison aux valeurs limites de courte durée. ND 2235-200-05. Cahier Notes Doc 2005,200:83-93.
55. **Poirot P, Subra I, Baudin V, Héry M, Chouanière D, Vincent R.** Détermination du profil d'exposition à moyen terme de peintres en bâtiment. ND2125-179-00. Cahier Notes 2000,179:5-13.
56. **Polechonski J, Blaszczyk J.** The Effect of Acoustic Noise on Postural Sway in Male and Female Subjects. Jour Human Kinetics 2006, 15:37-52.
    [En ligne] http://www.johk.awf.katowice.pl (Consulté, le 05.11.2008)
57. **Preller L, Burstyn I, De Pater N, Kromhout H.** Characteristics of peaks in inhalation exposure to organics solvents. Ann occup Hyg 2004,48:643-52.
58. **Pryor GT and Rebert CS**. Interactive effects of toluene and hexane on behavior and neurophysiologic responses in Fischer-344 rats. Neurotoxicology 1992,13:225-34.
59. **Ridgway P, Nixon TE and Leach JP.** Occupational exposure to organic solvents and long term nervous system damage detectable by brain imaging, neurophysiology or histopathology. Food Chem Toxicol 2003,41:153-87.

60. **Roll JP and Roll R.** From eye to foot: a proprioceptive chain involved in postural control. In: Amblard B, Berthoz A and Clarac F (eds) Posture and gait: development adaptation and modulation. Amsterdam : Elsevier 1988:pp 155-164.
61. **Samoto H, Fulkui Y, Ukai H, Satoru O, Takada S, Ohashi F *et. al.*** Self-reported symptoms and their effects on cognitive functioning in workers with past exposure to solvent-based glues: an 18-year follow-up. Int Arch occup Environ Health 2007,81: 69-79.
62. **Sanagi S, Seki Y, Sugimoto K and Hirata M**. Peripheral nervous system functions of workers exposed to n-hexane at a low level. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1980,47:69-79.
63. **Schneider O, Brondeau M-T.** Indices Biologiques d'Exposition. ND 2245-202-06. Cahier Notes Doc 2006,202:49-65.
64. **Sliwinska-Kowalska M, Zamyslowska-Szmytke E, Szymczak W, Kotylo P, Fiszer M, Wesolowski W *et. al.*** Effects of coexposure to noise and mixture of organic solvents on hearing in dockyard workers. J Occup Environ Med 2004,46:30-8.
65. **Smith LB, Bhattacharya A, Lemasters G, Succop P, Puhala E, Medvedovic M and Joyce J.** Effect of chronic low-level exposure to jet fuel on postural balance of US Air Force personnel. J Occup Environ Med 1997,39:623-32.
66. **Soulage C, Perrin D, Berenguer P and Pequignot JM**. Sub-chronic exposure to toluene at 40 ppm alters the monoamine biosynthesis rate in discrete brain areas. Toxicology 2004,196:21-30.
67. **Spencer PS, Schaumburg HH, Sabri MI and Veronesi B**. The enlarging view of hexacarbon neurotoxicity. CRC Crit. Rev Toxicol 1980,17:279-356.
68. **Sułkowski WJ, Kowalska S, Matyja W, Guzek W, Wesołowski W, Szymczak W and Kostrzewski P**. Effects of occupational exposure to a mixture of solvents on the inner ear: a field study. Int J Occup Med Environ Health 2002,15 :47-256.
69. **Tkaukiainen A, Vehmas T, Rantata K, Numinen M, Martikainen R, Taskinen H.** Results of common laboratory tests in solvent-exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 2004,77:39-46.
70. **Triolet J.** Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. ND 2230-199-05. Cahier Notes Doc 2005,199:65-97.
71. **Triolet J.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses. Valeurs de l'ACGIH (Etats-Unis) et de la Commission MAK (Allemagne). ND 2114-176-99. Cahier Notes Doc 1999,176:59-90.
72. **Truchon G.** Guide de surveillance biologique : Prélèvement et interprétation des résultats. IRSST, Canada (6ème édition) 2004. T-03:92 pages. [En ligne]www.irsst.qc.ca (consulté le 19.05.2005)
73. **Vouriot A, Gauchard GC, Chau N, Benamghar L, Lepori ML, Mur JM and Perrin PP**. Sensorial organisation favouring higher visual contribution is a risk factor of falls in an occupational setting. Neurosci Res 2004,48:239-47.
74. **Vouriot A, Hannhart B, Gauchard GC, Barot A, Ledin T, Mur JM and Perrin PhP**. Long-term exposure to solvents impairs vigiliance and postural control in serigraphy workers. Int. Arch Occup Environ Health 2005,78:510-5.
75. **Vrca A, Bozicevic D and Karacic V.** Visual evoked potentials in individuals exposed to long-term low concentrations of toluene. Arch Toxicol 1995,69:337-40.
76. **White RF and Proctor SP.** Solvents and neurotoxicity. Lancet 1997,349:1239-43.
77. **Xiao JQ and Levin SM**. The diagnosis and management of solvent-related disorders. Am. J. Ind Med 2000,37:44-61.
78. **Yokoyama K, Araki S, Murata K, Nishikitani M, Nakaaki K, Yokota J, Ito A and Sakata E**. Postural sway frequency analysis in workers exposed to n-hexane, xylene, and toluene: assessment of subclinical cerebellar dysfunction. Environ Res 1997,74:110-5.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, nous avons pu mettre en évidence que, chez les fabricants de colle et de chaussures dans la région de Sfax, l'imprégnation par les solvants était très importante. Si le secteur de l'industrie de colles est relativement bien organisé et contrôlé ; celui de la fabrication de chaussures est assez complexe par sa structuration, son (dés)organisation, son fonctionnement et les différents acteurs intervenants. Il mérite ainsi une attention très particulière notamment pour les fabricants de chaussures, procédé artisanal et surtout semi-industriel, implantés dans la Médina.

L'évaluation du risque chimique a été une étape importante dans la démarche de la prévention dans le secteur de fabrication de colles et leurs dérivés, ainsi que lors de leurs manipulations dans le secteur de la fabrication de chaussures. Elle a mis en évidence les préparations chimiques qui ont été à l'origine des risques sanitaires (hématologiques, neurologiques, etc.…). Elle a pu être réalisée par l'inventaire et la hiérarchisation des préparations chimiques en se référant à la méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique de l'INRS.

A l'issue de cette démarche d'évaluation du risque chimique, ***le process industriel de colles*** semble avoir le risque le plus important par rapport à celui du semi-industriel ; et ***le process semi- industriel de chaussures*** est en tête suivi du process industriel et enfin celui de l'artisanal.

En dehors du renforcement des mesures d'hygiène et de sécurité dans l'industrie de colles et de chaussures, deux actions sont à entrereprendre en parallèle :

- La substitution de certains solvants par d'autres produits dans la fabrication de colles et leurs dérivés tout en conservant les propriétés d'usage des préparations ;
- et l'évolution de la réglementation tunisienne en matière d'hygiène et de sécurité au travail afin d'introduire l'évaluation du risque comme une démarche obligatoire dans les entreprises.

Les mesures d'ambiance et biotoxicologiques d'exposition faites pour les solvants les plus utilisés dans ces industries de colles et de chaussures, nous ont permis d'établir un premier constat sur les profils d'exposition aux solvants. Mais l'exposition aux solvants n'est pas constante dans le temps et varie en fonction de la tâche réalisée et du procédé utilisé. Dés lors, l'étude de l'exposition au poste de travail nécessite la connaissance non seulement l'exposition moyenne par rapport à la VME, mais aussi le repérage des phases polluantes pour déterminer l'exposition de courte durée par rapport à la VLE.

L'exposition à long terme aux solvants organiques affecte diverses structures sensorielles et motrices du système nerveux central aussi bien que son fonctionnement cognitif.

En outre, l'exposition aux solvants augmente le risque des accidents professionnels, particulièrement des glissades et des chutes au travail. Ces types d'accidents peuvent être aussi lié à un déficit dans certains processus cérébraux et, en particulier, dans les fonctions impliquées dans la vigilance et la commande posturale.

L'étude neuro-comportementale menée dans deux entreprises, une industrie de colles et une industrie agro-alimentaire (exposé - non exposé) a montré que l'exposition à long terme aux solvants organiques volatils, principalement l'hexane et le toluène, est responsable d'une réduction de la vigilance et de l'affaiblissement de la commande d'équilibre, particulièrement les environnements sensoriels moins fiables, dus à une insuffisance des mécanismes centraux. En affectant l'exécution et la vigilance posturales, l'exposition aux solvants organiques contribue au comportement de prédisposition aux accidents en milieu professionnel.

Par conséquent, des stratégies préventives tendant à réduire la pollution environnementale de ces risques chimiques doivent être exigées, aussi bien que l'utilisation des équipements de protection individuelle. Des essais posturographiques, utiles pour apprécier de façon précise les effets neurotoxiques centraux précliniques, peuvent être recommandés dans une batterie de test visant à évaluer les effets des agents neurotoxiques dans l'environnement professionnel.

Ainsi cette approche globale d'évaluation du risque d'exposition aux solvants a pu être réalisée par l'utilisation de trois outils complémentaires :

- Un modèle mathématique d'hiérarchisation du risque chimique ;
- Des mesures d'ambiance et de biotoxicolgies des solvants et leurs métabolites ;
- Un outil de mise en évidence des atteintes neurologiques précliniques (la posturographie) secondaire à une exposition aux solvants.

Suite à cette évaluation du risque chimiques aux postes de travail exposant aux solvants dans le secteur de colles et de chaussures une matrice « poste de travail-expostion » aux solvants sera développée et validée pour une meilleure appréciation du risque d'exposition aux solvants.

Quand aux acquisitions coopératives, nous avons pu établir des coopérations et des échanges avec des équipes de recherche de l'université de Lille 2 et avec une équipe INSERM de Nancy spécialisée dans l'évaluation du risque professionnel et les aspects neurophysiologiques. De même des coopérations entre certaines structures de l'université de Sfax (la section de santé au travail de la faculté de médecine de Sfax, l'école nationale d'ingénieurs de Sfax) et le Centre de Biotechnologie de Sfax ont pu être réalisées.

Tous ces éléments sont très encourageants et incitent à mettre en place une structure d'évaluation des risques, et de toxicologie professionnelle et de l'environnement dans la région de Sfax puisque tous les acteurs (médecins, chimistes, épidémiologistes, …) ont pu apporter leurs savoirs et leurs expériences ; et avoir des échanges lors de cette thèse d'une manière directe ou indirecte. De plus l'université de Sfax démarre à partir de cette année universitaire 2008-2009, un projet de recherche et de formation académique sur l'environnement avec des partenaires européens dont notamment la France.

Dans les secteurs de fabrication des chaussures et de colles, et suite à la phase identification des solvants et à la mise en évidence de dépassements des niveaux réglementaire de certains produits dangereux, nous nous intéresserons aux caractères cancérogènes de certaines préparations et surtout à leur potentiel reprotoxique, puisque nous avons noté une présence féminine dans ce secteur de fabrication de chaussures de plus en plus importante et des cas de stérilités de couple par la mise en place d'une stratégie d'étude et d'évaluation multidiciplinaire.

RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Table des matières

I. Bibliographie « documents sur support papier »…….. 132
I.1. Articles de Périodiques…….. 132
I.2. Ouvrages et chapitre d'un ouvrage collectif…….. 142

II. Bibliographie « documents électroniques »…….. 142
II.1. Articles de Périodiques…….. 142
II.2. Ouvrages et chapitre d'un ouvrage collectif…….. 142
II.3. Bases de données…….. 143

III. Sites Web…….. 144

I. BIBLIOGRAPHIE « DOCUMENTS SUR SUPPORT PAPIER »

I.1. ARTICLES DE PERIODIQUES

1. **Abbate C, Giorgianni C and Munao F**. Neurotoxicity induced by exposure to toluene: an electrophysiologic study. Int. Arch Occup Environ Health 1993,64:389-92.
2. **Albers JW, Wald JJ, Garabrant DH, Trask ChL, Berent S.** Neurologic evaluation of workers previously diagnosed with solvent-induced toxic encephalopathy. J Occup Environ Med 2000, 42:410-23.
3. **Albers JW, Wald JJ, Werner RA, Franzblau A, Berent S.** Absence of polyneuropathy among workers previously diagnosed with solvent-induced toxic encephalopathy. J Occup Environ Med 1999,41:500-9.
4. **Ameno K, Kiriu T, Fuke C, Ameno S, Shinohara T and Ijiri I.** Regional brain distribution of toluene in rats and in human autopsy. Arch Toxicol 1992,66:153-6.
5. **Arlien-Søborg PA, Zilstorff K, Grandjean B and Milling Pedersen L**. Vestibular dysfunction in occupational chronic solvent intoxication. Clin Otolaryngol Allied Sci 1981, 6: 285-90.
6. **Armstrong TW, Caldwell DJ, Verma DK.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hyg 2005,2:600-7.
7. **Auger P.** De l'étourdissement à l'encéphalopathie d'origine toxique. Actul Med 1991,12:37-9.
8. **Aydin K, Sencer S, Ogel K, Genchellac H, Demir T and Minareci O.** Single-voxel proton MR spectroscopy in toluene abuse. Magn Reson Imaging 2003, 21:777-85.
9. **Aylott S and Prasher D.** Solvents impair balance in man. Noise Health 2002,4:63-71.
10. **Baker EL.** A review of recent research on health effects of human occupational exposure to organic solvents. A critical review. J Occup Med 1994,36:1079-92.
11. **Baldasseroni A, Bavazzano P, Buiatti E, Lanciotti E, Lorini C, Biggeri A.** Occupational exposure to n-hexane in Italy, analysis of a registry of biological monitoring. Int Arch Occup Environ Health 2003,76:260-6.
12. **Barregard L, Sallsten G, Nordborg C, Wolfgang G.** Polyneuropathy possibly caused by 30 years of low exposure to n-hexane. Scand J Work Environ Health 1991,17:205-7.
13. **Baumann N, Aubry J.** Lipides du nerf périphérique. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Neurologie 2003, 17-030-F-10:9 pages.
14. **Bianchini KJ, Houston RJ, Greve KW, Irvin TR, Black FW, Swift DA et. al.** Malingered neurocognitive dysfunction in neurotoxic exposure : an application of the slock criteria. J Occup Environ Med 2003,45:1087-99.
15. **Boeckelmann I, Pfister EA.** Influence of occupational Exposure to organic solvent mixtures en contrast sensitivity in printers. J Occup Environ Med 2003,45:25-33.
16. **Boey KW, Foo SC and Jeyaratnam J**. Effects of occupational exposure to toluene: a neuropsychological study on workers in Singapore. Ann Acad Med Singapore 1997,26:84-7.
17. **Boillat M-A.** Troubles mentaux organiques d'origines toxiques. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Toxicologie-Pathologie Professionnelle 2004, 16-536-A-10:5 pages.
18. **Bolt HM lammert M, Selinski S, Brüning Th.** Urinary α_1-microglobulin excretion as biomarker of rena toxicity in trichloroethylene-exposed persons. Int Arch Occup Environ Health 2004,77:186-90.
19. **Bongain MC, Gaiddon G, Guillet A, Jaffrenou M, Levitte O, Pépin E, al.** Intérêt du test 15 H.U.E. désaturé de Lanthony dans le suivi de l'exposition aux solvants. Arch Mal Prof Env 1998,59:322-71.
20. **Bouche P, Arné-Bes MC.** Neuropathies Toxiques. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Neurologie 1997, 17-112-A-70:6 pages.

21. **Bowler RM, Gysens S, Hartney Ch.** Neuropsychlogical effects of ethylene dichloride exposure. Neurotoxicology 2003,24:553-62.
22. **Calafat AM, Kklenyik Z, Caudill SP, Ashley DL.** Urinary levels of trichloacetic acid, a disinfection by-product in chlorinated drinking water, in a human reference population. Environ Health Perspect 2003, 111:151-4.
23. **Caldemeyer KS, Armstrong SW, George KK, Moran CC and Pascuzzi RM**. The spectrum of neuroimaging abnormalities in solvent abuse and their clinical correlation. J Neuroimaging 1996, 6:167-73.
24. **Cardona A, Marhuenda D, Marti J, Brugnone F, Roel J, Perbellini L.** Biological monitoring of occupational exposure to n-hexane by measurements of urinary 2,5-hexadione. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:71-4.
25. **Cardona A, Marhuenda D, Prieto M J, Marti J, Periago J-F, Sanchez J-M.** Behaviour of urinary 2,5-hexanedione in occupational co-exposure to n-hexane and acetone. Int Arch Occup Environ Health 1996,68:88-93.
26. **Carte N, Iregren A, Söderman E, Anshelm Olson B, Karlson B, Lindelöf B and al.** EUROQUEST-A questionnaire for solvent related symptoms : Factor structure, item analysis and predictive validity. Neurotoxicology 2002,23:711-7.
27. **Chakroun R, Kaabachi N, Hedhili A, Feki M, Nouaigui H, Benlaiba M, Mebazaa A.** Benzene exposure monitoring of tunisian workers. J Occup Environ Med 2002,44:1173-8.
28. **Chang CM, Yu CW, Fong KY, Leung SY, Tsin SY, Yu YL and al .** N-hexane neuropathy in offset printers. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1993,56:538-42.
29. **Chang Y.C.** An electrophysiological follow up of patients with n-hexane polyneuropathy. Br Jour Indus Med 1991,48:12-7.
30. **Chang YC.** Patients with n-hexane induced polyneuropathy : a clinical follow up. Br Jour Indus Med 1990,47:485-89.
31. **Chen S-S, Chen T-J, Lin C-H, Tseng Y-T, Lai S-L.** Neurobehavioral changes in Taiwanese lead-exposed workers. J Occup Environ Med 2005,45:902-8.
32. **Cherry N, Labrèche F, Collins J, Tulandi T.** Occupational exposure to solvents and male infertility. Occup Environ Med 2001,58:635-40.
33. **Chin-Chang H, Tung-Sheng S, Shaw-Yi C, Shun-Sheng C, Ping-Hong T.** n-hexane polyneuropathy in a ball-manufacturing factory. Jour Occup Med 1991,33:139-42.
34. **Cho SI, Damokosh AI, Ryan AI, Chen D, Hu YA, Smith T.** Effects of exposure to organic solvents on menstrual cycle length. J Occup Environ Med 2001,43:567-75.
35. **Chouanière D, Wild P, Fontana J-M, Héry M, Fournier M, Baudin V et. al.** Neurobehavioral disturbances arising from occupational toluene exposure. Am J Ind Med 2002,41:77-88.
36. **Cocco P, Giuseppina Tocco M, Ibba A, Scano L, Grazia Ennas M, Flore C, Sanna Randaccio F.** Trans, trans-muconic acid excretion in relation to environmental exposure to benzene. Int Arch Occup Environ Health 2003,76:456-60.
37. **Conso F.** Toxicité des solvants organiques en milieu industriel. DMT 1986, 25 TC 14:3-10.
38. **Cory-Slechta DA.** Studing toxicants as single chemicals: Does this strategy adequately identify neurotoxic risk. Neurotoxicology 2005,26:491-510.
39. **Costa L G.** Biomarker research in neurotoxicology: The role of mechanistic studies to bridge the gap between the laboratory and epidemiological investigations. Environ Health Perspect 1996, 104 , S1: 55-67.
40. **Courtois B.** Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France) décembre 2007, ED 984 : 19 pages
41. **Dally S.** Solvants et troubles mentaux organiques. DMT 1986, 25 TC 15:11-5.

42. **Daniell WE, Claypoole KH, Checkoway H, Smith-Weller T, Dager SR, Townes BD et. al.** Neuropsychological function in retired workers with previous long term occupational exposure to solvents. Occup Environ Med 1999,56:93-105.
43. **Delinsky A D, Bruckner J V, Bartlett M G.** A review of analytical methods for the determination of trichloroethylene and its major metabolites chloral hydrate, trichloroacetic acid and dichloroacetic acid. Biomed Chromatogr 2005,19: 617-39.
44. **Descatha A, Geoffroy-Perez B, leclerc A, Goldberg M.** Enquêtes épidémiologiques en milieu de travail : quelques bases pour le médecin du travail. Arch Mal Prof Env 2005,66:343-51.
45. **Deschamps D, Géraud C, Dally S.** Cognitive functions in workers exposed to toluene: Evaluation at least 48 hours removal from exposure. Int Arch Occup Environ Health 2001,74:285-8.
46. **Dick F, Semple S, Chen R, Seaton A.** Neurological deficits in solvent-exposure painters: A syndrome including impaired colour vision, cognitive defects, tremor and loss of vibration sensation. Q J Med 2000,93:655-61.
47. **Dick F, Semple S, Osborne A, soutar A, Seaton A, Cherrie JW and al.** Organic solvent exposure, genes, and risk of neuropsychological impairement. Q J Med 2002,95:379-87.
48. **Dor F, Bonvallot N.** Identification des dangers : une étape de l'évaluation des risques sanitaires à approfondir. Environnement, Risque et Santé 2005,6:279-87.
49. **Dorandeu F, Carpentier P, Baille V, Testylier G, Lallement G.** Pathologies neurologiques d'origine toxique. EMC (Elsevier SAS, Paris), Toxicologie - Pathologie professionnelle 2006;16-536-C-10:11 pages
50. **Elci OC, Yener G, Ucku R.** Working conditions and related neuropsychiatric problems among shoemakers in Turkey: Do child workers differ from others. Indian J Occup Environ Med 2007,11:9-14.
51. **Eller N, Netterstrom B and Laursen P.** Risk of chronic effects on the central nervous system at low toluene exposure. Occup Med 1999,49:389-95.
52. **Ernstgård L, Gullstrand E, Johanson G and Löf A**. Toxicokinetic interactions between orally ingested chlorzoxazone and inhaled acetone or toluene in male volunteers. Toxicol Sci 1999,48:189-96.
53. **Falcy M.** Neurotoxicité des solvants à de faibles doses d'exposition. In Notes de congrès : 23es Journées nationales de médecine du travail (7-10 juin 1994). DMT 1994, 60 TD 65:379-85.
54. **Foo SC, Jeyaratnam J and Koh D.** Chronic neurobehavioral effects of toluene. Br J Ind Med 1990, 47:480-4.
55. **Galland B, Courtois B.** Solvants organiques dans l'atmosphère des lieux de travail : les détecteurs portables à lecture directe. National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France). Aide mémoire technique 2005, ED 952 : 12 pages.
56. **Gericke C, Hanke B, Beckmann G, Baltes MM, Kühl PK and Neubert D**. Multicenter field trial on possible health effects of toluene. III. Evaluation of effects after long-term exposure. Toxicology 2001,168:185-209.
57. **Giguère J, Julien D, Mergler D, Baldwin M, Chartrand E.** Liens entre l'exposition des travailleurs à des substances neurotoxiques et leurs relations interpersonnelles. Rev Epidemiol Sante Publ 2001,49:459-69.
58. **Gobba F, Cavalleri A.** Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. Neurotoxicology 2003,24:693-702.
59. **Gong Y, Kishi R, Kasai S. Katakura Y, Fujiwara K, Umermura T and al.** Visual dysfunction in workers exposed to a mixture of organic solvents. Neurotoxicology 2003,24:703-10.
60. **Gonzalez M, Velten M, Cantineau A.** Evaluation de l'exposition aux solvants dans une étude épidémiologique portant sur 249 salariés. Arch Mal Prof Env 1999,60:432-4.
61. **Grandjean P, Budtz-Jørgensen E.** Total imprecision of exposure biomarkers: Implication for calculating exposure limites. Am J Ind Med 2007,50:712-9.

62. **Green RS, Gold EB, Samuels SJ, Dosemeci M.** The relation of occupational organic solvent exposure to symptom reporting in a sample of white and Chinese midlife women. J Occup Environ Med 2005,47:410-23.
63. **Guihenneuc-Jouyaux C.** Modélisation statique des variations géographiques : enjeu d'importance en épidémiologie et en statistique. Rev Epidemiol Sante publ 2002,50:409-12.
64. **Harry GJ, Billingsley M, Bruinnkn A, campbell IL, Classen W, Dorman Dc and al.** In vitro techniques for the assessment of neurotoxicity. Environ Health Perspect 1998,106 Suppl:131-58.
65. **Heiskel H, Gunzenhäuser D, Seidler A, Volk S, Pflug B, Kauppinen T, Elsner G.** Sleep apnea and occupational exposure to solvents. Scan J Work Environ Health 2002,28:249-55.
66. **Herbert R, Gerr F, Luo J, Harris-Abbott D, landrigan PJ.** Peripheral neurologic abnormalities among roofing workers: Sentinel case and clinical screening. Arch Environ Health 1995,50:349-54.
67. **Herskowitz A, Ishii N and Schaumburg H.** n-Hexane neuropathy: a syndrome occurring as a result of industrial exposure. N Engl J Med 1971,285:82-5.
68. **Hertsenberg S, Brouwer D, Lurvink M, Rubingh C, Rijnders E, Tielemans E.** Quantitative self-assessment of exposure to solvents among shoe repair men. Ann Occup Hyg 2007,51:45-51.
69. **Hervé-Bazin B.** Guide d'évaluation de l'exposition au risque toxique sur les lieux de travail par échantillonnage de l'atmosphère. ND 1730-135-89. Cahier Notes Doc 1989,135:265-88.
70. **Horak FB, Shupert CL and Mirka A.** Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. Neurobiology of aging 1989,10:727-38.
71. **Hunting KL, Matanoski GM, Larson M and Wolford R**. Solvent exposure and the risk of slips, trips, and falls among painters. Am J Ind Med 1991,20:353-70.
72. **Ichihara G, Saito I, Kamijima M, Yu X, Shibata E, Toida M and al.** Urinary 2,5-hexanedione increases with potentiation of neurotoxicity in chronic coexposure to n-hexane and methylketone. Int arch Occup Environ Health 1998,71:100-4.
73. **Ihrig A, Triebig G, Dietz MC.** Evaluation of modified German version of the Q16 questionnaire for neurotoxic symptoms in workers exposed to solvents. Occup Environ Med 2001,58:19-23.
74. **Imbriani M, Ghittori S.** Gases and organic solvents in urine as biomarkers of occupational exposure : a review. Int Arch Occup Environ Health 2005,78:1-19.
75. **Indulski JA, Sińczuk-Walczak H, Szymczak M and Wesołowski W.** Neurological and neurophysiological examinations of workers occupationally exposed to organic solvent mixtures used in the paint and varnish production. Int J Occup Med Environ Health 1996, 9:235-44.
76. **Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).** Ventilation des ateliers d'encollage de petits objets (chaussures). Guide pratique de ventilation (n° 5) 1987, ED 672:28 pages
77. **Iregren A, Andersson M, Nylén P.** Color vision and occupational chemical exposures: I. An overview of tests and effects. Neurotoxicology 2002,23:719-33.
78. **Iregren A, Andersson M, Nylén P.** Color vision and occupational chemical exposures: II. Visual functions in non-exposed subjects. Neurotoxicology 2002,23:735-45.
79. **Iwata T, Mori H, Dakeishi M, Onozaki I and Murata K.** Effects of mixed organic solvents on neuromotor functions among workers in Buddhist altar manufacturing factories. J Occup Health 2005, 47:143-8.
80. **Jang J-Y, Lee SY, Kim JI, Park J-B, Lee KJ, Chumg HK.** Application of biological monitoring to the quantificative exposure assessment for neuropsychological effect by chronic exposure to organics solvents. Int Arch Occup Environ Health 1999,72:107-17.
81. **Johns DO, Dills RL, Morgan MS.** Evaluation of dynamic headspace with gas chromatography/ mass spectrometry for the determination of 1,1,1-trichloroethane, trichloroethanol, and trichloroacetic acid in biological samples. Jour Chromatogr B 2005, 817:255–61.
82. **Jones AP**. Indoor air quality and health. Atmos Environ 1999,33:4535-64.

83. Journal Officiel de la République Française (JORT). Décret n° 2001-1016 du 5 novembre 2001 portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, prévue par l'article L. 230-2 du code du travail et modifiant le code du travail. JORF n° 258 du 7 Novembre 2001 (NOR : *MEST0111432D*)

84. JORF. Décret n° 2007-1539 du 26 octobre 2007 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques et modifiant le code du travail (deuxième partie : Décrets en conseil d'état). JORF, 28 octobre 2007 : Texte 13 sur 52 (NOR : *TST0760893D*).

85. JORF. Décret n° 2008-602 du 25 juin 2008 relatif au recyclage et au traitement des déchets issus des produits textiles d'habillement, des chaussures ou du linge de maison neufs destinés aux ménages. JORF n° 149 du 27 juin 2008 (NOR : *DEVP0772293D*).

86. Journal Officiel de la République Tunisienne (JORT). Arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 15 novembre 2005, fixant la nomenclature des établissements dangereux, insalubre ou incommodes. JORT du 25.11.2005, n° 94:3300-24.

87. JORT. Décret n° 2000-1985 du 12 septembre 2000, portant organisation et fonctionnement des services de médecine du travail. JORT, 22 septembre 2000 n° 76 : 2250-3.

88. JORT. Loi n° 94-28 du 21 févier 1994, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles. JORT, 22 février 1994 n° 15 : 308-18.

89. JORT. Loi n° 95-56 du 28 juin 1995, portant régime de réparation des préjudices des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public. JORT, 4 juillet 1995 n° 53 : 1419-24.

90. JORT. Loi n° 96-62 du 15 juillet 1996, portant modification de certaines dispositions du Code du Travail. JORT, 23 juillet 1996 n° 59:1579-88.

91. Journal Officiel de l'Union Européenne (JOUE). Directive 89/391/CEE du conseil du 12 juin 1989, concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. JOUE du 29 juin 1989, n° L 181 :1-8 (FR).

92. JOUE. Directive 2006/15/CE du 7 février 2006 établissant une deuxième liste de valeurs listes indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du conseil et portant modification des directives 91/322/CE et 2000/39/CE. JOUE du 9 février 2006 : L36-L39 (FR).

93. JOUE. Directive 2006/121/CE du 18 décembre 2006 modifiant la directive 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses afin de l'adapter au règlement (CE) no 1907/2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), et instituant une agence européenne des produits chimiques. JOUE du 30.12.2006 : FR L 396/850 - L 396/856.

94. Kamel F, Rowland AS, Park LP, Kent Anger W, Baird DD, Gladen BC and al. Neurobehavioral performance and work experience in Florida farmworkers. Environ Health Perspect 2003,111:1765-72.

95. Kawai T, Miyama Y, Horiguchi S, Sakamoto K, Zhang Z-W, Higashikawa K, Ikeda M. Possible metabolic interaction between hexane other solvents co-exposed at sub-occupational exposure limit levels. Int Arch Occup Environ Health 2000,73:449-56.

96. Kawai T, Yasugi T, Mizunuma K, Horiguchi S-I, Ikeda M. Comparative evaluation of blood and urine analysis as tool for biological monitoring of n-hexane and toluene. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:S123-S6.

97. Kent Anger W. Neurobehavioral test and systems to assess neurotoxic exposures in the workplace and community. Occup Environ Med 2003,60:531-8.

98. **Kishi R, Harabuchi I, Katakura Y, Ikeda T and Miyake H.** Neurobehavioral effects of chronic occupational exposure to organic solvents among Japanese industrial painters. Environ Res 1993,62,303-13.
99. **Kromhout H, Loomis D.** Exposure variability : Concepts and applications in occupational epidemiology. Am Jour Indus Med 2004,45:113-22.
100. **Kuo W, Bhattacharya A, Succop P and Linz D.** Postural stability assessment in sewer workers J Occup Environ Med 1996, 38:27-34.
101. **Lacour M, Barthelemy J, Borel L, Magnan J, Xerri C, Chays A and al.** Sensory strategies in human postural control before and after unilateral vestibular neurotomy. Exp Brain Res 1997,115:300-10.
102. **Larry L. Needham, Antonia M. Calafat, Dana B. Barr.** Uses and issues of biomonitoring. Int J Hyg Environ Health 2007, 210:229–38.
103. **Leberton R, Reynier M, Triolet M, Pillière F.** La fiche de données de sécurité : un document riche d'information, essentiel pour la prévention du risque chimique. Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS] (France). Aide mémoire technique 2005, ED 954 : 16 pages.
104. **Ledin T, Jansson E, Möller C and Odkvist LM.** Chronic toxic encephalopathy investigated using dynamic posturography. Am J Otolaryngol 1991, 12: 96-100.
105. **Lee YL, Pai MC, Chen JH and Guo YL**. (Central neurological abnormalities and multiple chemical sensitivity caused by chronic toluene exposure. Occup Med 2003, 53:479-82.
106. **Lee Y-L, Pai M-C, Chen J-H, Guo YL.** Central neurological abnormalities and multiple chemical sensitivity caused by chronic toluene exposure. Occup Med 2003,53:479-82.
107. **Lieve P, Van De Laer M, Lamotte JM, Emelen JV.** L'analyse des risques. Ministère fédéral de l'emploi et du travail (Belgique) 2002, Septembre : 58 pages
108. **Lin YS, Kupper LL, Rappaport SM.** Air samples versus biomarkers for epidemiology. Occup Environ Med 2005,62:750-60.
109. **Lof A, Hjelm EW, Colmsjo A, Lundmark BO, Norström A and Sato A.** Toxicokinetics of toluene and urinary excretion of hippuric acid after human exposure to toluene. Br J Ind Med 1993,50:55-9.
110. **Logman JFS, De Vries LE, Hemels MEH, Khattak S, Einarson TR.** Paternal organic solvent exposure and adverse pregnancy outcomes : A meta-analysis. Am J Ind Med 2005,47:37-44.
111. **Magnusson AK, Sulaiman MR, Dutia MB and Tham R**. Effects of toluene on tonic firing and membrane properties of rat medial vestibular nucleus neurones in vitro. Brain Res 1998, 779:334-7.
112. **Maizlish NA, Fine LJ, Albers Jw, Whitehead L, Langolf GD.** A neurological evaluation of workers exposed to mixtures of organic solvents. Br Jour Indus Med 1987,44:14-25.
113. **Massin N, Gottle N.** Intérêt des explorations électrophysiologiques pour la détection précoce des neuropathies périphériques en milieu industriel. Arch Mal Prof Env 1985,46:95-100.
114. **Massin N, Pierre F, Biette P, Geny MH.** Risques neurologiques actuels liés aux solvants utilisés dans l'industrie de chaussure. Arch mal prof env 1987,48:289-93.
115. **Mckee RH, Medeiros AM, Daughtrey WC.** A proposed methodology for setting occupational exposure limits for hydrocarbon solvents. Jour Occup Environ Hygiene 2005,2:524-42.
116. **Micallef S, Brochot C, Bois F-Y.** L'analyse statistique bayésienne de données toxicologiques. Environnement, Risque et Santé 2005,4 : 21-34.
117. **Ministère de la santé et des solidarités (République Française).** Modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact. Circulaire N° DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.
118. **Miyagi Y, Shima F, Ishido K, Yasutake T and Kamikaseda.** Tremor induced by toluene misuse successfully treated by a Vim thalamotomy. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1999,66: 794-6.

119. Moulin JJ, Romazini S, Lasfargues G, Peltier A, Bozec C, deguerry P et al. Elaboration d'une matrice emplois-expositions dans l'industrie productrice de métaux durs en France. Rev Epidem Santé Publ 1997, 45:41-51 ;

120. Muijser H, Geuskens RBM, Hooisma J, Emmen HH, Kulig BM. Behavioral effects of exposure to organic solvents in carpet layers. Neurotoxicol Teratol 1996,18:455-62.

121. Mutti A, Ferri F, Lommi G, Lotta S, Lucertini S and Franchini I. n-Hexane-induced changes in nerve conduction velocities and somatosensory evoked potentials. Int Arch Occup Environ Health 1982,51:45-54.

122.Nashner LM, Peters JF. Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. Neurological Clinics, 1990;8;331-49.

123. Niklasson M, Moller C, Odkvist LM, Ekberg K, Flodin U, Dige N and Skoldestig A. Are deficits in the equilibrium system relevant to the clinical investigation of solvent-induced neurotoxicity?. Scan J Work Environ Health 1997,23:206-13.

124. Nordling Nilson L, Barregård L, Sällsten G. Field survey on types of organic solvents used in enterprises of various sizes. Int Arch Occup Environ Health 2006,79:558-67.

125. Nordling Nilson L, Sällsten G, Hagberg S, Bäckman L, Barregård L. Influence of solvent exposure and aging on cognitive functioning: An 18 year follow up of formerly exposed floor layers and their controls. Occup Environ Med 2000,59:49-57.

126. O'Donnell GE, Juska A, Geyer R, M. Faiz,. Stalder S. Analysis of trichloroacetic acid in the urine of workers occupationally exposed to trichloroethylene by capillary gas chromatography. Jour Chromatogr A 1995,709:313-7.

127. Ogawa Y, Shimizu H, Kim S-U. 2,5-Hexanedione induced apoptosis in cultured mouse DRG neurons. Int Arch Occup Environ Health 1996,68:495-7.

128. Österberg K, Ørbæk P, Karlson B, Seger L, Åkesson B, Bergendorf U. Psychological test performance during experimental challenge to toluene and n-butyl acetate in cases of solvent-induced toxic encephalopathy. Scand J Work Environ Health 2000,26:219-26.

129. Pagès M, Falcy M. Evaluation du risque solvants pour la grossesse. DMT 1999, 80:335-53.

130.Paramei GV, Meyer-Baron M, Seeber A. Impairments of colour vision induced by organic solvents : A meta-analysis study. Neurotoxicology 2004,25:803-16.

131. Perbellini L, Pezzoli G, Brugnone F and Canesi M. Biochemical and physiological aspects of 2,5-hexanedione: Endogenous or exogenous product?. Int Arch Occup Environ Health 1993, 65:49-52.

132. Pergiago JF, Cardona A, Marhuenda D, Roel J, Villanueva M, Marti J, Luna A. Biological monitoring of occumational exposure to n-hexane by exhaled air analyis and urinalysis. Int Arch Occup Environ Health 1993,65:275-8.

133. Perico A, Cassinelli C, Brugnone F, Bavazzano P, Perbellini L. Biological monitoring of occupational exposire to cyclohexane by urinary 1,2- and 1,4-cyclohexanediol determination. Int Arch Occup Environ Health 1999,72:115-20.

134. Perrin Ph, Schneider D, Deviterne D, Perrot C, Constantinescu L. Traing improves the adaptation to changing visual conditions in maintaining human posture control in a test of sinusoidal oscillation of the support. Neuroscience Letters 1998,245:155-8.

135. Perrin PP, Gauchard GC, Perrot C and Jeandel C. Effects of physical and sporting activities on balance control in elderly people. Br J Sports Med 1999,33:121-26.

136. Poirot P, Hubert-Pelle G. Profils d'exposition aux solvants et comparaison aux valeurs limites de courte durée. ND 2235-200-05. Cahier Notes Doc 2005,200:83-93.

137. Poirot P, Subra I, Baudin V, Héry M, Chouanière D, Vincent R. Détermination du profil d'exposition à moyen terme de peintres en bâtiment. ND2125-179-00. Cahier Notes 2000, 179: 5-13.

138. Preller L, Burstyn I, De Pater N, Kromhout H. Characteristics of peaks on inhalation exposure to organics solvents. Ann occup Hyg 2004,48:643-52.

139. **Pryor GT and Rebert CS**. Interactive effects of toluene and hexane on behavior and neurophysiologic responses in Fischer-344 rats. Neurotoxicology 1992,13:225-34.
140. **Reif JS, Burch JB, Nuckols JR, Metzger L, Ellington D, Anger WK.** Neurobehavioral effects of exposure to trichloroethylene through a municipal water supply. Environ Research 2003, 93:248-58.
141. **Ridgway P, Nixon TE, Leach P-J.** Occupational exposure to organic solvents and long-term nervous system damage detectable by brain imaging, neurophysiology or histopathologiy. Foud Chem Toxico 2003,41:153-87.
142. **Roquelaure Y, Garnier R, Pairon J-C, Efthymiou M-L, Fournier P-E.** Neuropathie centrale après une exposition professionnelle au n-hexane. Arch Mal Mrof Env 1990,51:257-60.
143. **Rouch I, Chouanière D, Wild P, Fontana J-M, Boillat M-A.** Comparison of potential variables representing primary intellectual level in epidemiological studies on neurotoxicity. Am J Ind Med 2006,49:642-6.
144. **Rouch I, Wild P, Fontana J-M, Chouanière D.** Evaluation of French version of EUROQUEST : A questionnaire for neurotoxic symptoms. Neurotoxicology 2003,24:541-6.
145. **Saillenfait AM, Robert E.** Exposition professionnelle aux solvants et grossesse. Etat des connaissances épidémiologiques. Rev Epidemiol Sante Publ 2000,48:374-88.
146. **Samoto H, Fulkui Y, Ukai H, Satoru O, Takada S, Ohashi F and al.** Self-reported symptoms and their effects on cognitive functioning in workers with past exposure to solvent-based glues: An 18-year follow-up. Int Arch Occup Environ Health 2007,81: 69-79.
147. **Sanagi S, Seki Y, Sugimoto K and Hirata M**. Peripheral nervous system functions of workers exposed to n-hexane at a low level. Int Arch Occup Environ Health 1980,47:69-79.
148. **Schneider O, Brondeau M-T.** Indices Biologiques d'Exposition. ND 2245-202-06. Cahier Notes Doc 2006,202:49-65.
149. **Schulz C, Angerer J, Ewers U, Kolossa-Gehring M.** The German Human Biomonitoring Commission. Int J Hyg EnvironHealth 2007, 210:373–82.
150. **Sethre T, Lä ubli M, Berode M, Krueger H.** Neurobehavioural effects of experimental isopropanol exposure. Occup Environ Med 1999,56:93-105. Int Arch Occup Environ Health 2000,73:105-12.
151. **Shumway-Cook A, Horak FB.** Assessing the influence of sensory interaction on balance; Suggestion from the field. Physical Therapy., 1986;66:1548-50.
152. **Sliwinska-Kowalska M, Zamyslowska-Szmytke E, Szymczak W, Kotylo P, Fiszer M, Wesolowski W and al.** Effects of coexposure to noise and mixture of organic solvents on hearing in dockyard workers. J Occup Environ Med 2004,46:30-8.
153. **Smith LB, Bhattacharya A, Lemasters G, Succop P, Puhala E, Medvedovic M and Joyce J.** Effect of chronic low-level exposure to jet fuel on postural balance of US Air Force personnel. J Occup Environ Med 1997,39:623-32.
154. **Société Française de Médecine du Travail.** Surveillance médicale des salariées exposées à des substances toxiques pour le développement fœtal. Arch Mal Prof Env 2005,66:165-76.
155. **Soulage C, Perrin D, Berenguer P and Pequignot JM**. Sub-chronic exposure to toluene at 40 ppm alters the monoamine biosynthesis rate in discrete brain areas. Toxicology 2004,196:21-30.
156. **Spencer PS, Schaumburg HH, Sabri MI and Veronesi B**. The enlarging view of hexacarbon neurotoxicity. CRC Crit. Rev Toxicol 1980,17:279-356.
157. **Sułkowski WJ, Kowalska S, Matyja W, Guzek W, Wesołowski W, Szymczak W and Kostrzewski P**. Effects of occupational exposure to a mixture of solvents on the inner ear: a field study. Int J Occup Med Environ Health 2002,15 :47-256.
158. **Takeuchi A, Kawai T, Zhang Z-W, Miyama Y, sakamoto, Higashikawa K, Ikeda M.** Toluene, xylenes and xylene isomers in urine as biological indicators of low-level exposure to each solvent, a comparative study. Int Arch Occup Environ Health 2002,75:387-93.

159. Takeuchi A, Kawai T, Zhang Z-W, Miyama Y, sakamoto, Higashikawa K, Ikeda M. Comparison of unchanged n-hexane in alveolar air and 2,5-hexanedione in urine for the biological monitoring of n-hexane exposure in human volunteers. Int Arch Occup Environ Health 2004,77:264-70.

160. Takeuchi Y, Hisanaga N, Ouo Y, Shibata E Saïto I, Iwata M. Modification of metabolisme and neurotoxicity of hexane by co-exposure of toluene. Int Arch Occup Environ Health 1993, 65:S227-S30.

161. Testud F, Lambert-Chhum R. Exposition toxique professionnelle chez la femme enceinte. I : Evaluation du risque à l'échelon individuel. Arch Mal Prof Env 2003,64:1-5.

162. Testud F, Lambert-Chhum R. Exposition toxique professionnelle chez la femme enceinte. II : Premiers résultats du suivi prospectif de 125 grossesses. Arch Mal Prof Env 2003,64:6-12.

163. Till Ch, Rovet JF, Koren G, Westall CA. Assessment of visual functions following prenatal exposure to organic solvents. Neurotoxicology 2003,24:725-31.

164. Tkaukiainen A, Vehmas T, Rantata K, Numinen M, Martikainen R, Taskinen H. Results of common laboratory tests in solvent-exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 2004, 77:39-46.

165. Triebig G, hallermann J. Survey of solvent related chronic encephalopathy as occupational diseases in European countries. Occup Environ Med 2001,58:575-81.

166. Triolet J. Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. ND 2230-199-05. Cahier Notes Doc 2005,199:65-97.

167. Triolet J. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux substances dangereuses. Valeurs de l'ACGIH (Etats-Unis) et de la Commission MAK (Allemagne). ND 2114-176-99. Cahier Notes Doc 1999,176:59-90.

168. Tsai S-Y, Chen J-D, Chao W-Y, Wang J-D. Neurobehavioral effects of occupational exposure to low-level organic solvents among Taiwanese workers in paint factories. Environ Research 1997,73:146-55.

169. Vallat JM. Neuropathies périphériques. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Neurologie 1997, 17-100-A-10:18 pages.

170. Van hout MSE, Schmand B, Wekking EM, Hageman G, Deelman BG. Suboptimal performance on neuropsychological tests in patients with suspected chronic toxic encephalopathy. Neurotoxicology 2003,24:547-51.

171. Van Vliet C, Swaen GMH, Meijers JMM, Slangen J, De Boorder T, Sturmans F. Prenarcotic and neurasthenic symptoms among dutch workers exposed to organic solvents. Br Jour Indus Med 1989,46:586-90.

172. Vincent R, Bonthoux F, Mallet G, Iparraguirre J-F, Rio S. Méthodologie d'évaluation simplifiée du risque chimique. Cahier Note Doc 2005, 200 (ND 2233):39-62.

173. Vincent R, Bonthoux F. Evaluation du risque chimique : Hiérarchisation des « risques potentiels. Cahier Note Doc 2000, 178 (ND 2121):29-34.

174. Voss J-U, Roller M, Brinkmann E, Mangelsdorf I. Nephrotoxicity of organic solvents : Biomarkers for early detection. Int Arch Occup Environ Health 2005,78:475-85.

175. Vouriot A, Gauchard GC, Chau N, Benamghar L, Lepori ML, Mur JM and Perrin PP. Sensorial organisation favouring higher visual contribution is a risk factor of falls in an occupational setting. Neurosci Res 2004,48:239-47.

176. Vouriot A, Hannhart B, Gauchard GC, Barot A, Ledin T, Mur JM and Perrin PhP. Long-term exposure to solvents impairs vigiliance and postural control in serigraphy workers. Int. Arch Occup Environ Health 2005,78:510-5.

177. Vrca A, Bozicevic D and Karacic V. Visual evoked potentials in individuals exposed to long-term low concentrations of toluene. Arch Toxicol 1995,69:337-40.

178. White RF and Proctor SP. Solvents and neurotoxicity. Lancet 1997,349:1239-43.

179. William W, Ernest L, Christiani DC. Biomarker research in occupational health. J Occup Environ Med 2005,47:145-53.

180. Wilson MP, Katharine Hammond S, Nicas M, Hubbard AE. Worker exposure to volatile organic compounds in the vehicle repair industry. J Occup Environ Hyg 2007,4:301-10.

181. Xiao JQ and Levin SM. The diagnosis and management of solvent-related disorders. Am J Ind Med 2000,37:44-61.

182. Yokoyama K, Araki S, Murata K, Nishikitani M, Nakaaki K, Yokota J, Ito A and Sakata E. Postural sway frequency analysis in workers exposed to n-hexane, xylene, and toluene: assessment of subclinical cerebellar dysfunction. Environ Res 1997,74:110-5.

183. Yu IT, Lee NL, Zhang XH, Chen WQ, Lam YT, Wong TW. Occupational exposure to mixtures of organic solvents increases the risk of neurological symptoms among ptinting workers in Hong Kong. J Occup Environ Med 2004,46:323-30.

184. Zhou W, Liang Y, Christiani Dc. Utility of WOH neurobehavioral core test battery in Chinese workers – a meta-analysis. Environ Research 2002, 88:94-102.

185. Zupanic M, Demes P, Seeber A. Psychomotor performance and subjective symptoms at low level toluene exposure. Occup Environ Med 2001,59:263-8.

I.2. OUVRAGES ET CHAPITRE D'UN OUVRAGE COLLECTIF

186. Burgher F, Blomet J, Mathieu L. La magie des Solvants : Principes, Toxicologie, Risque écologique, Solutions alternatives. 1ère Edition. PREVOR. Valmondois, France 2002 : 415 pages ISBN 2-9510211-1-9

187. Dubeau M. Vapeurs et Gaz. In : Hygiène du Travail. 4ème Edition. Le Griffon d'argile inc. Québec, Canada 1985 : 415-523. ISBN 2-920210-34-3

188. Gérin M. Solvants industriels : Santé, sécurité, substitution. 1ère Edition. Masson. Paris, France 2002 : 257 pages ISBN 2-294-00297-0

189. Lauwerys R.R. Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 4ème Edition. Masson. Paris, France 2004 : 961 pages ISBN 2-294-01391-3

190. Levy B.S, Wergman D.H. Occupational Health: Recognizing and Preventing, Work-Related Disease. 3th Edition. Previous edition. USA 1995 : 772 pages ISBN 0-316-52271-6

191. Lieve P, Van De Laer M, Lamotte JM, Emelen JV. L'analyse des risques. Ministère fédéral de l'emploi et du travail (Belgique) 2002, Septembre : 58 pages

192. Margossian N. Risque chimique. 1ère Edition. Dunod. Paris, France 2002 : 235 pages ISBN 2-10-006562-9

193. Martel B. Guide du risque chimique : identification, évaluation, maîtrise. 3ème Edition. Dunod. Paris, France 2002 : 388 pages ISBN 2-10-005585-2

194. Massion J and Woollacott MH. Posture and equilibrium. In: Bronstein AM, Brandt T and Woollacott M (Eds), Balance, posture and gait. Arnold, London, UK 1996:pp 1-18.

195. Mouysset P. Guide pratique du risque chimique. 1ère Edition. Les Editions d'ergonomie. Paris, France 2003 : 245 pages SBN 2-908191-28-8

196. Roll JP and Roll R. From eye to foot: a proprioceptive chain involved in postural control. In: Amblard B, Berthoz A and Clarac F (eds) Posture and gait: development adaptation and modulation. Amsterdam : Elsevier 1988:pp 155-164.

II. BIBLIOGRAPHIE « DOCUMENTS ELECTRONIQUES »

II.1. ARTICLES DE PERIODIQUES

197. McCann M. Le cuir, la fourrure et la chaussure. Encycl Sécurité Santé Travail (BIT) 2000, 3ème édition française (traduction 4ème édition anglaise), 3, 88 :13 pages
[En ligne] www.ilo.org/public/french/protection/safework/cis/products/encyclo/pdf
(Consulté le 06.04.2007)

198. Polechonski J, Blaszczyk J. The Effect of Acoustic Noise on Postural Sway in Male and Female Subjects. Jour Human Kinetics 2006, 15:37-52. [En ligne] www.johk.awf.katowice.pl
(Consulté le 05.11.2008)

199. Van Der Meerschen M. La médina de Sfax. Enquête préliminaire à sa régénération. MONUMONTUM (*International Council on Monuments and Sites : ICOMOS*) 1972,8:28 pages
[En ligne] www.international.icomos.org/monumentum/vol8/ vol8_1.pdf
(Consulté, le 30 mars 2008)

II.2. OUVRAGES ET CHAPITRE D'UN OUVRAGE COLLECTIF

200. Bégin D, Beaudry Ch, Gérin M. La substitution des solvants par le carbonate de propylène. IRSST, Canada 2005, B-070:40 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)

201. Bégin D, Moumen M, Gérin M. La substitution des solvants par l'alcool benzylique. IRSST, Canada 2005, B-068:33 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)

202. Bégin D, Sinarith H, Gérin M. La substitution des solvants par le lactate d'éthyle. IRSST, Canada 2005, B-069:38 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)

203. Eller PM, Cassinelli ME. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). 4th Edition. CDC. USA: 1994.
[En ligne] www.cdc.gov/niosh/nmam
(Consulté, le 15.08.2006)

204. INERIS (**I**nstitut **N**ational de l'**Envi**ronnement industriel et des r**IS**ques). Guide d'évaluation des risques sanitaires. INERIS 2003: 152 pages.
[En ligne] http://chimie.ineris.fr/fr/lespdf/guide_ERS.pdf
(Consulté, le 17.09.2008)

205. IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail) **- Direction des opérations.** Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu du travail. IRSST, Canada (8ème édition) 2005. T-06:191 pages.
[En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)

206. Pillière F, Conso F. Biotox : Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. INRS (France) septembre 2007, ED 791:252 pages [En ligne] www.inrs.fr (Consulté le 15.09.2007)

207. Pilorget C, Dananché B, Luce D, Févoltte J. Eléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers – Matrice emplois-expositions aux carburants et solvants pétroliers. Institut de Veille Sanitaire (Fr) 2007: 21 pages [En ligne] www.invs.sante.fr
(Consulté le 02.09.2008)

208. Truchon G. Guide de surveillance biologique : Prélèvement et interprétation des résultats. IRSST, Canada (6ème édition) 2004. T-03:92 pages.
[En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 19.05.2005)

209. Vyskocil A, Drolet D, Viau C, Lemay F, Tardif R, Truchon G and al. Impact des interactions toxicologiques sur la gestion des situations d'exposition à des contaminants multiples. IRSST, Canada 2005. R-425:16 pages. [En ligne] www.irsst.qc.ca (Consulté le 15.08.2006)

II.3. BASES DE DONNEES

210. ESIS (**E**uropean chemical **S**ubstances **I**nformation **S**ystem).
[En ligne] http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/
(Consulté le 15.02. 2008)

211. INERIS. Portail des substances Chimiques. La base de données toxicologiques.
[En ligne] http://chimie.ineris.fr/
(Consulté le 10.09. 2005)

212. INRS. Base de données « Fiches Toxicologiques » [En ligne] www.inrs.fr
(Consulté le 10.09. 2005)

- Acétone. Fiche Toxicologique 2008, FT 3:83-6.
- Benzène. Fiche Toxicologique 2004, FT 49:8 pages.
- Butanone (MEC). Fiche Toxicologique 2003, FT 14:93-6.
- Cyclohexane. Fiche Toxicologique 2003, FT 17:93-7.
- Disulfure de carbone. Fiche Toxicologique 1997, FT 12:8 pages.
- Hexane. Fiche Toxicologique 2008, FT 113:9 pages.
- Toluène. Fiche Toxicologique 2008, FT 74:12 pages.
- Trichloroéthylène. Fiche Toxicologique 2002, FT 22:8 pages.

213. INRS. Base de données « Métropol » [En ligne] www.inrs.fr
(Consulté le 20.03. 2006)

- Aide au diagnostic dépassement/non dépassement de la VLEP dans l'évaluation de l'exposition professionnelle. Métropol 2006, Fiche A3:9 pages
- Cétones. Métropol 2004, Fiche 20:11 pages
- Commentaires sur les valeurs limites d'exposition professionnelle. Définition et aspects métrologiques. Métropol 2005, Fiche A2:6 pages
- Dérivés Halogénés des Hydrocarbures Aliphatique. Métropol 2004, Fiche 29:25 pages
- Echantillonneurs utilisés pour les polluants organiques et minéraux. Métropol 2007, Fiche I: 36 pages
- Guide pour la mise au point des méthodes de prélèvement et d'analyse des polluants gazeux dans les atmosphères des lieux de travail. Métropol 2003, Fiche F:15 pages
- Le calcul d'incertitude dans les méthodes de mesurage de l'exposition professionnelle. Métropol 2005, Fiche G:35 pages
- Mélanges de vapeurs d'hydrocarbures (C6 à C12). Métropol 2004, Fiche 55:8 pages
- Stratégie d'évaluation de l'exposition et comparaison aux valeurs limites. Métropol 2005, FicheA1:22 pages

214. INRS. Bases de données « Solvex ».
[En ligne] www.inrs.fr/solvants/bsolvants.nsf
(Consulté le 20.03. 2006)

215. IRSST. Fiche des substances du guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. [En ligne] www.irsst.qc.ca/fr/_listersst.html
(Consulté le 20.03. 2006)

III. SITES WEB

216. Arelco. Hygiène toxicologie.
[En ligne] www.arelco.fr/fr/catalogue/1/hygiene-toxicologie
(Consulté le 20.03. 2006)

217. Centre Technique Cuir Chaussure Maroquinerie (CTC). Secrets de fabrication de la chaussure en Bande Dessinée. [En ligne] www.ctc.fr/faq/questions.php3?theme=1
(Consulté le 29.02. 2008)

218.Colle chaussure. Keck Chimie S.A. [En ligne] www.keck-chimie.fr/
(Consulté, le 29.02. 2008)

219. Les différentes colles. Dans Technique collage. Art du collage montage.
[En ligne] www.art-pjm.com/collage-technique/technique-collage-les-colles
(Consulté le 29.02. 2008)

220. Dossier colles de complexage. Les développements se renforcent pour les sans solvants et les bases aqueuses. ED Emballage Digest.
[En ligne] www.emballagedigest.fr/blog.php?2005/08/30/2230-dossier-colles
(Consulté le 29.02. 2008)

221. Gouvernorat de Sfax. Portail de l'Industrie Tunisienne (Agence de Promotion de l'Industrie)
[En ligne] http://www.tunisieindustrie.nat.tn (Consulté le 25.02. 2008)

222. SKC Inc.
- Air sample pumps, calibrators & accessories
- Sorbent sample tubes and collection media
[En ligne] http://www.skcinc.com/ (Consulté le 15.03. 2006)

ANNEXES

Table des matières

I. Annexes Partie 1 …… 145

II. Annexes Partie 2 …… 149

III. Annexes Partie 3 …… 161

Les annexes de la 1ère Partie

A.1.0. Courrier de recrutement des entreprises de fabrication de colles et de chaussures (phase de repérage)**.**

A.1.1. Questionnaire de repérage des entreprises.

Enquête Environnement et Santé

EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET LEURS APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

Sfax, le ..../…./2005

M……..……..……..
Entreprise……

Monsieur, Madame,

Nous menons une enquête visant à évaluer les effets de la colle et des solvants sur la santé dans le secteur de la fabrication des chaussures. Ce travail est mené dans le cadre d'une activité de recherche du Laboratoire Eau Energie Environnement de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

Nous vous serions très reconnaissant d'accepter de participer à notre enquête.

Nous nous engageons à ce que toutes les données enregistrées soient strictement confidentielles.

En pratique, un enquêteur prendra contact avec vous pour fixer un rendez-vous nous permettant, à l'aide d'un questionnaire, de lister les produits utilisés dans votre entreprises. Nous vous demandons de lui accorder quelques minutes pour répondre à ce questionnaire avec lui.

Nous vous remercions très sincèrement pour votre participation.

Docteur GARGOURI **Docteur KHADRAOUI** **Professeur ELLEUCH**

Coordination Générale
Dr I. GARGOURI, Dr M. KHADRAOUI, Prof B. ELLEUCH
LARSEN – ENIS
Route Soukra km 3 B.P « W » 3038 – SFAX
Tél. : 97 45 85 00
Fax. : 74 27 55 95
@ :Imed.Gargouri@fmsf.rnu.tn

Enquête Environnement et Santé

EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET LEURS APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

N° de saisie I_I_I_I

Questionnaire de Repérage des Entreprises

Codage (ne pas remplir SVP)

L'ENTREPRISE

Entreprise : ……..……

Adresse : ……..

Téléphone : ……..

- Code Entreprise : I_I_I_I_I_I_I | I_I_I_I_I_I_I
- **Secteur d'activité :**
  - ➔ ***Fabrication*** | I_I
    - de colles ☐1
    - de chaussures ☐2
  - ➔ ***Production*** | I_I
    - industrielle ☐1
    - semi-industrielle ☐2
    - artisanale (médina) ☐3

LES SALARIES EXPOSES AUX SOLVANTS ET/OU AUX COLLES (S-C)

- Nombre total de salariés dans l'entreprise : I_I_I_I_I | I_I_I_I_I

- Nombre total de **salariés actuellement exposés** aux S-C : I_I_I_I | I_I_I_I
  - ➔ **salariés utilisateurs (Manipulateurs)** I_I_I | I_I_I
  - ➔ salariés non manipulateurs (exposition d'ambiance) I_I_I | I_I_I

Nombre de **salariés utilisateurs** ayant une **durée cumulée d'exposition** aux S-C **au sein de l'entreprise** (que cette exposition persiste ou non actuellement), de :

- ➔ < 5 ans I_I_I_I | I_I_I_I
- ➔ ≥ 5 et < 10 ans I_I_I_I | I_I_I_I
- ➔ ≥ 10 et < 15 ans I_I_I_I | I_I_I_I
- ➔ ≥ 15 ans I_I_I_I | I_I_I_I

L'ACTIVITE EXPOSANT AUX SOLVANTS ET/OU AUX COLLES DE L'ENTREPRISE

♦ **Quels types de colles et/ou solvants sont utilisés pour ces activités ?**

Précisez le **nom** (commercial et/ou d'usage courant) et **l'entreprise productrice**

SOLVANTS			
Nom	**Entreprise productrice**	**Quantité utilisée/an**	**Nbre de Salariés directement exposés**
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

COLLES			
Nom	**Entreprise productrice**	**Quantité utilisée/an**	**Nbre de Salariés directement exposés**
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

♦ **Les salariés utilisateurs de solvants et/ou de colles portent-ils :**

➔ des **vêtements de Travail** différents de leurs vêtements de ville ?

Oui ☐$_1$ Non ☐$_2$ ➥ **Si Oui**, précisez le **%** de salariés I_I_I I_I I_I_I

➔ des **masques de protection** lors du travail ?

Oui ☐$_1$ Non ☐$_2$ ➥ **Si Oui**, précisez le **%** de salariés I_I_I I_I I_I_I

➔ des **gants de protection** lors du travail ?

Oui ☐ $_1$ Non ☐ $_2$ ➥ **Si Oui**, précisez le **%** de salariés I_I_I I_I I_I_I

L'ATELIER DE REALISATION DES TRAVAUX EXPOSANT AUX SOLVANTS ET/OU AUX COLLES

« Page réservée à l'enquêteur : Ne pas faire intervenir l'auditeur »

- **Quelle est la superficie de l'atelier ?** I_I_I_I_I_I m^2 | I_I_I_I_I_I

- **Quelle est l'architecture de l'atelier ?**
  - ➔ Nombre de pièces I_I_I | I_I_I
  - ➔ Faites un schéma de l'atelier en précisant la hauteur :

Longueur = …… m, largeur = ….. m, Hauteur = ….. m

  - ➔ Faites un descriptif de l'ambiance générale de l'atelier :

	OUI_1	NON_2	
▪ le bâtiment est une nouvelle construction	☐	☐	I_I
▪ les locaux sont bien entretenus	☐	☐	I_I
▪ il existe des vestiaires et une cantine	☐	☐	I_I
▪ il est situé dans des habitations	☐	☐	I_I

- **Comment est assurée la ventilation dans l'atelier ?** | I_I
  - ➔ Aucune aération ☐1
  - ➔ Aération naturelle (portes et fenêtres) ☐2
  - ➔ Ventilation mécanique générale (extraction d'air) ☐3
  - ➔ Extraction à la source ☐4
  - ➔ Autre ☐5

    si autre, veuillez préciser : ……..……
    ……

Vérifiez que vous avez bien répondu à toutes les questions.

Pour toute question concernant le questionnaire, vous pouvez contacter Imed Gargouri au 74 24 45 11 (Poste : 152) ou au 97 45 85 00

Les annexes de la 2ème Partie

A.2.0. Courrier de recrutement des entreprises de fabrication de colles et de chaussures pour réaliser des mesures biométrologiques**.**

A.2.1. Fiche descriptive des taches « Etude de poste ».

A.2.2. Fiche individuelle de renseignement.

A.2.3. Convention de coopération nationale (Laboratoire 3E et le CBS).

ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE SFAX
LABORATOIRE EAU ENERGIE ENVIRONNEMENT

Enquête Environnement et Santé

EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET LEURS APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

Sfax, le 19/03/2008

M……..……..……..
Entreprise……

Madame / Monsieur,

Nous Vous remercions d'avoir accepté de participer à l'enquête de repérage des produits utilisés dans la fabrication des chaussures menée en 2006 afin d'évaluer les effets de la colle et des solvants utilisés sur la santé dans ce secteur. Nous vous rappelons que ce travail est mené dans le cadre d'une activité de recherche du Laboratoire « Eau, Energie et Environnement » de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

Nous vous serions très reconnaissant d'accepter de participer à la 2ème étape de cette étude.

Nous nous engageons à ce que toutes les données enregistrées soient strictement confidentielles.

En pratique, un enquêteur prendra contact avec vous pour fixer un rendez-vous afin de réaliser des prélèvements atmosphériques (mercredi matin) et des prélèvements urinaires (jeudi après midi). En retour, un rapport confidentiel vous sera transmis dans les semaines qui suivent.

Nous vous remercions très sincèrement de votre collaboration.

Dr I. GARGOURI **Dr M. KHADRAOUI** **Pr B. ELLEUCH**

Coordination Générale
Dr I. GARGOURI, Dr M. KHADRAOUI, Prof B. ELLEUCH
LARSEN – ENIS
Route Soukra km 3 B.P « W » 3038 – SFAX
Tél. : 97 45 85 00
Fax. : 74 27 55 95
@ :Imed.Gargouri@fmsf.rnu.tn

Enquête Environnement et Santé

EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES
DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET LEURS APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

N° de saisie ☐☐☐

FICHE DESCRIPTIVE DES TACHES (ETUDE DE POSTE)

Date : …../……./ 2008

Codage

Entreprise : « …… **»** ☐☐

Dénomination du poste : **« ……..…. »** ☐☐

Nombre d'agents : ☐☐ ☐☐
Hommes ☐☐ ☐☐
Femmes ☐☐ ☐☐

Produit(s) manipulé(s) : **nombre** ☐☐ ☐☐
Produit(s) :
- ……
- ……
- ……
- ……

Solvant(s) manipulé(s) / étudié(s) ☐

HEXANE	☐	METHYL ETHYLCETONE « MEK »	☐
TRICHLORETHYLENE	☐	TOLUENE	☐
CYCLOHEXANE	☐	BENZENE	☐

Conditions de travail (les 3 derniers jours) :

- Travail à l'intérieur : Non ☐$_0$ Oui ☐$_1$ ☐
  Si non, % temps à l'extérieur ☐☐ ☐☐
- Température de l'atelier : ……...°C
- Pression Atmosphérique : ……..hPa ou mmHg ou Bar
- Humidité : ……..%
- ……
- Atelier :

Ventilation avec extraction	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐
Atmosphère confinée	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐
Ventilation naturelle	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐
Climatisation centrale	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐
Ventilateur (au plafond,…)	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐

- Poste de travail :

Aspiration à la source (Utilisation manuelle)	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐
Capotage (Machine ou Robot)	Non ☐$_0$	Oui ☐$_1$	☐

FICHE DESTINEE AU LABORATOIRE
(DOSAGE DES SOLVANTS)

Prélèvements atmosphériques
(Durée du prélèvement : 4 heures, *« Le Mercredi Matin »*)

Date : …../……./2008

Entreprise : « …… » **N°ID** |_|_|_|

ATELIER 1 : ……

Id tubes	PI / PF	Opérateur	Poste	Hexane (µg/tube)	Acétone (µg/tube)	MEK (µg/tube)	Benzène (µg/tube)	Toluène (µg/tube)	Trichloré (µg/tube)	Cyclohexa (µg/tube)

ATELIER 2 : ……

Id tubes	PI / PF	Opérateur	Poste	Hexane (µg/tube)	Acétone (µg/tube)	MEK (µg/tube)	Benzène (µg/tube)	Toluène (µg/tube)	Trichloré (µg/tube)	Cyclohexa (µg/tube)

ATELIER 3 : ……

Id tubes	PI / PF	Opérateur	Poste	Hexane (µg/tube)	Acétone (µg/tube)	MEK (µg/tube)	Benzène (µg/tube)	Toluène (µg/tube)	Trichloré (µg/tube)	Cyclohexa (µg/tube)

PI : Prélèvement Individuel PF : Prélèvement à poste Fixe

Enquête Environnement et Santé

EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES
DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET LEURS APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

N° de saisie ☐☐☐

FICHE INDIVIDUELLE DE RENSEIGNEMENTS

« Ce questionnaire est confidentiel, il sera complété **le jour du prélèvement urinaire.** Il permet l'interprétation des résultats**.**
Le recueil d'urines se déroulera **en fin de poste** de travail **»**

Date : …../……./ 2007

Codage
(Ne pas remplir)

N° ID : ☐☐☐

1- Entreprise : « …… » ☐☐ ☐☐

2- Type : Industrielle ☐$_1$ Semi-industrielle ☐$_2$ Artisanale ☐$_3$ ☐

IDENTIFICATION

Nom et Prénom : ..... N3I_I_I_I P2I_I_I
3- Date de Naissance : …../…../….. Année : ☐☐☐☐
4- Sexe : Masculin ☐$_1$ Féminin ☐$_2$ ☐

MODE DE VIE / NIVEAU SOCIO-CULTUREL

5- Situation familiale : Célibataire ☐$_0$ Marié(e) ☐$_1$ Divorcé(e) ☐$_2$ Veuf(ve) ☐$_3$ ☐
6- Nombre d'enfant : I_I_I ☐☐
7- Niveau d'étude : Non scolarisé ☐$_0$ Primaire ☐$_1$ Secondaire (non achevée) ☐$_2$ ☐
Baccalauréat ☐$_3$ Supérieur ☐$_4$

8- Tabac : Non fumeur ☐$_0$ Fumeur ☐$_1$ ☐
Si oui, Nbre de cigarettes/j : ☐☐☐ ☐☐
Nbre de cigarette fumée aujourd'hui (de puis ce matin jusqu'au prélèvement urinaire) : ☐☐ ☐☐

9- Alcool : Non consommateur ☐$_0$ Consommateur : * Tempéré (≤ 3 v/j) ☐$_2$ ☐
Ancien consommateur ☐$_1$ * Excessif (> 3 v/j) ☐$_3$

ACTIVITES EXTRA-PROFESSIONNELLES (LOISIRS)

10- Avez-vous effectué du bricolage ou passe temps hier ou aujourd'hui utilisant des solvants ? Non ☐$_0$ Oui ☐$_1$ ☐

Si Oui : **11-** Quel type de bricolage :

Bricolage	
Menuiserie	
Peinture d'intérieure	
Peinture d'art	
Mécanique d'entretien d'auto	
Tirage Photographique	
Autre :…….…….. …….....	

12- Quel(s) solvant(s) ou diluant(s) avec-vous utilisé(s) ?

Produits	Non = 0 Oui = 1	Durée d'exposition
Acétone		
Colle solvantée (non à l'eau)		
Détachant		
Diluant		
Essence		
Hexane		
Huiles de coupe		
Laque		
Peinture (non à l'eau)		
Produits de photographie		
Produits de traitement de bois		
Trichloréthylène		
Vernis		
White spirite		
Autres : ……..…… ……..……..		

13- Avez vous utilisé pour ces produits des moyens de protection ?

	Non = 0	Oui = 1	Si Oui	
Gants			*Type* : ……..	☐
Masque			A cartouche $\square_1$	A poussière $\square_2$ ☐
Blouse			Avec manche $\square_1$	sans manche $\square_2$ ☐
Autres			Si oui, lesquels :…….	☐

14- Avez vous utilisé des solvants / des diluants pour nettoyer vos mains en fin du bricolage ? ☐

Non $\square_0$ Oui $\square_1$

Lequel(s) : …….

……..

ACTIVITE PROFESSIONNELLE :

15- Début de la vie professionnelle : I_I_I_I_I Année : ☐☐☐☐

16- Vous êtes embauché dans l'entreprise actuelle depuis quelle année : I_I_I_I_I Ancienneté : ☐☐

17- Dénomination du <u>poste actuel</u> : **«** ……..…. **»** ☐☐

18- Précisez les activités professionnelles que vous avez faites ces 3 derniers jours :

« Voir tableau page 3 »

Activités professionnelles effectuées ces 3 derniers jours

NE PAS TOUCHER CETTE PARTIE GRISE DU TABLEAU

	Heures de présence dans l'atelier	Taches effectuées	Produits manipulés	Conditions de manipulation*	Durée d'exposition	Produits manipulés ou exposition d'ambiance (Non = 0, Directe = 1, Indirecte = 2)					
						Hexane	Trichlo	Cyclo-H	MEK	Toluène	Acétone
Aujourd'hui	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
Hier	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
Avant hier	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							
	.....	.....	.....	.....							

*** *Conditions de manipulation*** = **A. Application : 1.** Pistolet, **2.** Pulvérisation (Bombe, Appareil portatif), **3.** Jet sous pression, **4.** Doigt
B. Produits utilisés à chaud : **0.**Non **1.** Oui

Exemple : A.2 et B.1

19- Aujourd'hui avez-vous utilisé des moyens de protection lors de vos activités professionnelles :

	Non = 0	Oui = 1	Si Oui
Gants			*Type* : …… *Etat* : …… *Dernière fois changés* : ……
Masque			A cartouche ☐$_1$ A poussière ☐$_2$ *Etat* : …… *Dernière fois changées* : ……
Tenue de W : Blouse			Avec manche ☐$_1$ sans manche ☐$_2$ *Etat* : …… *Dernière fois changée* : ……
Autres			Si oui, lesquels :…… ……

20- Aujourd'hui avez-vous utilisé des solvants ou des diluants pour nettoyer vos mains lors/fin de votre travail ?

Non ☐$_0$ Oui ☐$_1$

21- *Nature des solvants ou des diluants utilisés :*

① …… ② ……

③ …… ④ ……

22- *<u>Nombre de nettoyage des mains sur la journée</u>*

……

……

A.T.C.D MÉDICAUX

23- Avez-vous des ATCD de santé ? Si oui, précisez lesquels :

	Non$_0$	**Oui$_1$**
23.1- Neurologiques	☐	☐

……

……

23.2- Autres	☐	☐

……

……

SYMPTOMATOLOGIE

24- Avez-vous déjà eu les troubles suivants ?

NE PAS TOUCHER CETTE PARTIE GRISE

	Présence		**Circonstances**	**Fréquence**	**Rythmicité avec la profession**		
Troubles	**Non$_0$**	**Oui$_1$**			**Non$_0$**	**Oui$_1$**	**1:** ts j, **2:** 1x/s, **3:** 2x/m
Fourmillement aux extrémités							
Troubles de l'équilibre, vertiges							
Céphalées (maux de tête)							
Irritation des yeux/peau							

MEDICATION EN COURS

25- Prenez vous actuellement un traitement au long cours (les mois précédents) ?

Non ☐$_0$ Oui ☐$_1$ à préciser :

	Non$_0$	**Oui$_1$**
Somnifères	☐	☐
Tranquillisants	☐	☐
Analgésiques centraux	☐	☐
Neuroleptiques	☐	☐
Autres : ……	☐	☐

……

FICHE DESTINEE AU LABORATOIRE
(DOSAGE DES METABOLITES)

Echantillon d'urine

(Fin de Poste / Fin de semaine)
« Jeudi en fin d'après midi »

Date : …../……./200…

Entreprise : « ……..…… » **N°ID** |_|_|_|

N° Identification : |_|_|_|

Veuillez noter sur le flacon :

- Votre nom et prénom : ……..
- La date et l'heure de recueil d'urine : …../……./200… à ….h….

CONVENTION : Lab 3^E et CBS

« Réalisation des analyses de solvants et leurs métabolites au Centre de Biotechnologie de Sfax »

ENTRE :

LE LABORATOIRE « EAU, ENERGIE ET ENVIRONNEMENT à l'ENIS, représenté par Monsieur le Professeur Hamed BEN DHIA, Directeur

ci-après désigné par « **Labo 3^E** »

d'une part,

ET :

LE CENTRE DE BIOTECHNOLOGIE DE SFAX, représenté par Monsieur le Professeur Hammadi AYADI, Directeur Général

ci-après désigné par « **CBS**»,

d'autre part,

désignés comme les Parties.

Etant préalablement exposé que :

Le « Lab 3^E : AD – 10-02 » de l'ENIS, dirigé par le **Professeur Hamed BEN DHIA**, conduit un programme de recherche en vue d'évaluer les impacts sanitaires à court et à long terme des expositions aux solvants utilisés en milieu professionnel dans le secteur de la chaussure de la région de Sfax (Tunisie), travaux dirigés par **le Professeur Boubaker ELLEUCH.**

Et que

Le « **CBS** », dirigée par le **Professeur Hammadi AYADI**, conduit des analyses physico-chimiques par CPG et HPLC relatif au projet indiqué.

Il a été convenu et arrêté ce qui suit :

ARTICLE 1 - OBJET

La présente convention définit les conditions de la collaboration scientifique entre le Lab 3^E de l'ENIS et le CBS en vue de réaliser des protocoles d'analyse de solvants et leurs métabolites suite à des expositions aux solvants industriels en milieu professionnel à Sfax.

ARTICLE 2 - DUREE

La présente convention prend effet à compter de la date de signature et se termine le 31 décembre 2008.

Si des retards dans le déroulement du programme apparaissaient, la modification de la durée de la présente convention ferait l'objet d'un avenant.

ARTICLE 3 - CONDITIONS D'EXECUTION

Les travaux, objet de la présente convention, seront exécutés conformément à la description incluse dans **l'annexe scientifique** (***les protocoles d'analyses***).
Les correspondants désignés du **Lab 3^E** pour la conduite de cette collaboration scientifique sont ***messieurs Imed GARGOURI***, Assistant Hospitalo-Universitaire et ***Moncef KHADHRAOUI***, Maître Assistant.

Les correspondants désignés du **CBS** à cet effet sont ***messieurs Hafedh BELGHITH***, Maître de Conférence Universitaire et ***Kamel WALHA***, Technicien Supérieur de laboratoire.

ARTICLE 4 – ACTIVITES DES PARTENAIRES PREVUES AU TITRE DE LA COLLABORATION

Le Lab 3^E est à l'initiative de la recherche et en assure la coordination. Il a identifié les entreprises dans lesquelles seront conduites les investigations (entreprises de la chaussure utilisant les solvants à grande échelle) et engagera toutes les démarches en vue d'obtenir la collaboration des responsables de ces entreprises et des organisations professionnelles concernées, ainsi que les démarches administratives nécessaires au déroulement de la recherche. Le Lab 3^E assure les explorations visant apprécier et mesurer les expositions des personnels aux composés organiques volatils associés à l'usage des solvants.

Le Lab 3^E met à la disposition des partenaires du CBS pour la réalisations des analyses des solvants et leurs métabolites : des Solvants et des métabolites pures, des tubes à Charbons actifs et une colonne de 60 m (CPG).

Le CBS apporte sa contribution par la mise en disposition d'un CPG et autres matériels lourds pour la réalisation de ces analyses ainsi qu'un technicien perfectionné.

ARTICLE 5 - CONFIDENCIALITE

Concernant les protocoles d'analyse des solvants et leurs métabolites le « Labo 3^E » et le partenaire « CBS » sont tenu par le secret professionnel.

Aucunes utilisations de ces analyses ne sont possibles sans l'aval des correspondants scientifiques des deux parties.

ARTICLE 6 - PUBLICATIONS - COMMUNICATIONS

Les publications et communications résultant de l'exécution de la présente convention associeront, d'un commun accord, les scientifiques ayant contribué significativement aux travaux, et feront mention des apports des deux parties, à moins que l'une ou l'autre ne souhaite pas figurer parmi les co-auteurs.

ARTICLE 7 – CALENDRIER PREVISIONNEL

Les analyses des solvants et leurs métabolites se dérouleront dans la période du 15 mai au 30 juin 2008. L'exploitation des données, les échanges scientifiques et la rédaction des articles scientifiques en découlant pourront se poursuivre jusqu'au terme de la présente convention. Des réunions d'échanges scientifiques, pourront avoir lieu pendant cette période, par décision conjointe des partenaires.

ARTICLE 8 -.DISPOSITIONS FINANCIERES

Il n'est pas prévu d'échange financier entre les partenaires au titre de la présente convention. Si la conduite de la recherche amenait à devoir envisager des échanges financiers, ceux-ci seront définis par un avenant à la présente convention.

ARTICLE 9 - MODIFICATIONS OU ADJONCTIONS A LA CONVENTION

Les stipulations de la présente convention pourront être modifiées ou complétées par voie d'avenant signé par les deux parties.

ARTICLE 10 - ENREGISTREMENT

La présente convention est exemptée de la formalité de l'enregistrement et du timbrage.

Fait à Sfax, le 14 mai 2008
en quatre exemplaires originaux

Pour le Lab 3^{E} à l'ENIS

Le Directeur,

Monsieur le Professeur Hamed BEN DHIA

Le responsable scientifique des recherches sur les expositions aux solvants

Monsieur le Professeur Boubaker ELLEUCH

Pour le CBS

Le Directeur Général

Monsieur le Professeur Hammadi AYADI

Le responsable du service d'Analyse

Monsieur Hafedh BELGHETH

Les annexes de la 3ème Partie

A.3.0. Convention de coopération internationale (Laboratoire 3E et Equipe INSERM de Nancy - France)

A.3.1. Courriers pour l'entreprise de fabrication de colle (SIFCOL) et d'agro-alimentaire (Masmoudi Pâtisserie).

A.3.2. Questionnaire générale.

CONVENTION N°

Etude des effets neurotoxiques sur la fonction d'équilibration d'une exposition à des solvants industriels en milieu professionnel à Sfax, Tunisie

ENTRE :

L'ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS de Sfax (ENIS), Tunisie, représentée par Monsieur le Professeur Adel ALIMI, Directeur

ci-après désigné par « l'ENIS »

d'une part,

ET :

L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE ET DE LA RECHERCHE MEDICALE (INSERM), Administration Déléguée Régionale Alsace, Bourgogne, Champagne-Ardenne, Franche-Comté et Lorraine - 5 rue Jacob Mayer, BP 10005, 67037 STRASBOURG CEDEX 2, France, représenté par Monsieur Gilles BLOCK, Administrateur Délégué Régional

ci-après désigné par « INSERM ADR 16 »,

d'autre part,

désignés comme les Parties.

Etant préalablement exposé que :

Le Laboratoire Eau, Energie et Environnement « Lab 3^E : AD – 10-02 » de l'ENIS, dirigé par le Professeur Hamed BEN DHIA, conduit un programme de recherche en vue d'évaluer les impacts sanitaires à court et à long terme des expositions aux solvants utilisés en milieu professionnel dans le secteur de la chaussure de la région de Sfax (Tunisie), travaux dirigés par le Professeur Boubaker ELLEUCH,

Et que

L'Equipe ERI 11 [EP]²R (« Evaluation et Prévention des Risques Professionnels et Environnementaux ») de l'INSERM, dirigée par le Professeur Denis ZMIROU-NAVIER, conduit des travaux sur la mesure des effets d'expositions professionnelles aux solvants par la mesure des troubles du contrôle postural, travaux dirigés par le Professeur Philippe PERRIN,

Il a été convenu et arrêté ce qui suit :

ARTICLE 1 - OBJET

La présente convention définit les conditions de la collaboration scientifique entre Lab 3^E de l'ENIS à Sfax et l'ERI 11 de l'INSERM à Nancy en vue de l'étude des effets neurotoxiques sur la fonction d'équilibration d'une exposition à des solvants industriels en milieu professionnel à Sfax.

ARTICLE 2 - DUREE

La présente convention prend effet à compter de la date de signature et se termine le 31 décembre 2007.

Si des retards dans le déroulement du programme apparaissaient, la modification de la durée de la présente convention ferait l'objet d'un avenant.

ARTICLE 3 - CONDITIONS D'EXECUTION

Les travaux, objet de la présente convention, seront exécutés conformément à la description incluse dans l'annexe scientifique.
Les correspondants désignés du Lab 3^E pour la conduite de cette collaboration scientifique sont les Docteurs Imed GARGOURI et Moncef KHADHRAOUI.

Les correspondants désignés de l'ERI 11 à cet effet sont le Professeur Philippe PERRIN et Guillaume HERPIN, Doctorant au sein de l'ERI 11.

ARTICLE 4 – ACTIVITES DES PARTENAIRES PREVUES AU TITRE DE LA COLLABORATION

Le Lab 3^E est à l'initiative de la recherche et en assure la coordination. Elle a identifié les entreprises dans lesquelles seront conduites les investigations (entreprises de la chaussure et entreprises 'témoins' n'utilisant pas les solvants à grande échelle) et engagera toutes les démarches en vue d'obtenir la collaboration des responsables de ces entreprises et des organisations professionnelles concernées, ainsi que les démarches administratives nécessaires au déroulement de la recherche. Le Lab 3^E assure les explorations visant apprécier et mesurer les expositions des personnels aux composés organiques volatils associés à l'usage des solvants.

L'ERI 11 apporte son expertise dans la mesure des troubles du contrôle postural. Un Doctorant de l'ERI 11, maîtrisant les méthodes de mesure du contrôle postural conduira, avec le correspondant désigné par l'Ecole d'Ingénieurs, les investigations correspondantes auprès des personnels volontaires. L'ERI 11 mettra à disposition de ces investigations, une plateforme mobile de mesure du contrôle postural.

ARTICLE 5 - PUBLICATIONS - COMMUNICATIONS

Les publications et communications résultant de l'exécution de la présente convention associeront, d'un commun accord, les scientifiques ayant contribué significativement aux travaux, et feront mention des apports des deux parties, à moins que l'une ou l'autre ne souhaite pas figurer parmi les co-auteurs.
Dans le cas où des résultats issus de la collaboration devraient être protégés par une demande de brevet désignant un ou plusieurs inventeurs des deux Parties, les Parties se concerteront afin de définir les modalités du dépôt d'une telle demande de brevet, ainsi que ses conditions d'exploitation.

ARTICLE 6 – CALENDRIER PREVISIONNEL

Les explorations du contrôle postural impliquant la présence du Doctorant de l'ERI 11 à Sfax se dérouleront dans la période du 10 janvier au 10 février 2007. L'exploitation des données, les échanges scientifiques et la rédaction des articles scientifiques en découlant pourront se poursuivre jusqu'au terme de la présente convention. Des réunions d'échanges scientifiques, en Tunisie ou en France pourront avoir lieu pendant cette période, par décision conjointe des partenaires.

ARTICLE 7 - DISPOSITIONS FINANCIERES

Il n'est pas prévu d'échange financier entre les partenaires au titre de la présente convention. Si la conduite de la recherche amenait à devoir envisager des échanges financiers, ceux-ci seront définis par un avenant à la présente convention.

Chacun des partenaires assumera sur ses crédits les coûts induits par les tâches dont il a la responsabilité.

ARTICLE 8 - MODIFICATIONS OU ADJONCTIONS A LA CONVENTION

Les stipulations de la présente convention pourront être modifiées ou complétées par voie d'avenant signé par les deux parties.

ARTICLE 9 - ENREGISTREMENT

La présente convention est exemptée de la formalité de l'enregistrement et du timbrage.

Mohamed Adel ALIMI

Fait le .....
en quatre exemplaires originaux

Pour l'ENIS,
Le Directeur

Monsieur le Professeur Adel ALIMI

Pour l'INSERM,
L'Administrateur Délégué Régional

Monsieur Gilles BLOCK

Pour le Lab 3^E le l'ENIS
Le Directeur,

Monsieur le Professeur Hamed BEN DHIA

Pour l'Unité $[EP]^2R$
Le Directeur

Monsieur le Professeur Denis ZMIROU

Le responsable scientifique des recherches sur les expositions aux solvants

Monsieur le Professeur Boubaker ELLEUCH

Le responsable scientifique des recherches sur le contrôle postural.

Monsieur le Professeur Philippe PERRIN

Ministère de l'Enseignement Supérieur
Université de Sfax pour le Sud

وزارة التعليم العالي
جامعة صفاقس للجنوب

LABORATOIRE "EAU - ENVIRONNEMENT ET ENERGIE"
LABORATORY OF WATER - ENVIRONMENT AND ENERGY

مخبر الماء و المحيط و الطاقة
CODE : A D - 10 - 02 : الرمز

Lundi, 22 janvier 2007

A l'attention du Directeur Général de SIFCOL

Objet : Collaboration dans le cadre d'une étude d'évaluation du risque sanitaire

Pièce jointe :
Copie de la convention entre le Laboratoire 3^E (ENIS) et une équipe INSERM (Nancy)

Monsieur le Directeur Général,

Je vous remercie d'avoir accepté de me recevoir pour discuter d'une éventuelle participation de votre entreprise SIFCOL » dans notre étude sur l'évaluation du risque des solvants dans notre région.

A ce stade où nous vous proposons de participer à notre étude, c'est à un niveau avancer puisque notre étude à démarre en Janvier 2005. En effet, nous avons réaliser dans une première étape, une enquête aux près des entreprises de la colle et la majorité des entreprises de chaussure dans notre ville. Une liste de solvants a pu être identifié suite au recensement des utilisateurs.

L'étape suivante est le $3^{ème}$ volet de l'étude (une enquête pilote) : Tous les salariés bénéficieront d'un examen clinique et des prélèvements urinaires pour le dosage des métabolites et des prélèvements atmosphériques des solvants dont ils sont exposés.

L'étude comportera des mesures sur un échantillon de salariés (selon les postes et l'effectif) soit environ 25 salariés : début (lundi) et fin (jeudi) de semaine sur 2 semaines pour les mêmes salariés.

L'étude sera du 29 janvier au 17 février 2007, puisque nous réalisons cette étude avec nos collaborateurs français qui disposent du matériel et elle se fait dans le cadre d'une convention (pièce jointe).

Dans l'attente d'une réponse favorable, veuillez agréer, Monsieur le Directeur Général mes cordiales salutations.

Imed Gargouri

Ministère de l'Enseignement Supérieur
Université de Sfax pour le Sud

وزارة التعليم العالي
جامعة صفاقس للجنوب

LABORATOIRE "EAU - ENVIRONNEMENT ET ENERGIE"
LABORATORY OF WATER - ENVIRONMENT AND ENERGY

مخبر الماء و المحيط و الطاقة
CODE : A D - 10 - 02 : الرمز

Lundi, 22 janvier 2007

A l'attention des MASMOUDI Pâtisserie

Objet : Collaboration dans le cadre d'une étude d'évaluation du risque sanitaire

Pièce jointe :
Copie de la convention entre le Laboratoire 3^E (ENIS) et une équipe INSERM (Nancy)

Messieurs MASMOUDI,

Je vous remercie d'avoir accepté de me recevoir - vendredi dernier - pour discuter d'une éventuelle participation de votre entreprise « MASMOUDI PATISSERIE » dans notre étude sur l'évaluation de risque de solvants dans notre région.

A ce stade où nous vous proposons de participer à notre étude, c'est à un niveau avancer puisque notre étude à démarre en Janvier 2005. En effet, nous avons réaliser dans une première étape, une enquête aux près des entreprises de la colle et la majorité des entreprises de chaussure dans notre ville. Une liste de solvants a pu être identifié suite au recensement des utilisateurs.

L'étape suivante est le $3^{ème}$ volet de l'étude (une enquête pilote) : Notre choix de votre entreprise parmi d'autres fait partie du groupe témoin (industrie agro-alimentaire non exposante à ce type du risque) puisque elle a une bonne cotation dans le secteur agro-alimentaire et l'exportation. Toutefois, vos salariés bénéficieront d'examen clinique et des explorations para cliniques et les locaux de l'entreprise de prélèvements atmosphériques pas uniquement pour la vérification sur la présence de solvant mais d'autres risques spécifiques à votre type d'industrie.

L'étude comportera des mesures sur un échantillon de salariés (selon les postes et l'effectif) soit environ 45 salariés : début (mardi) et fin (vendredi) de semaine sur 3 semaines pour les mêmes salariés : non pourrons réaliser 15 salariés par semaine.

L'étude sera du 29 janvier au 17 février 2007, puisque nous réalisons cette étude avec nos collaborateurs français qui disposent du matériel et elle se fait dans le cadre d'une convention (pièce jointe).

Dans l'attente d'une réponse favorable, veuillez agréer, Messieurs MASMOUDI mes cordiales salutations.

Imed Gargouri

EVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AUX SOLVANTS ORGANIQUES
DANS L'INDUSTRIE DE FABRICATION DES COLLES ET LEURS APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE DES CHAUSSURES

N° de saisie I_I_I_I

QUESTIONNAIRE GENERAL

NOM ……

N° d'identification du sujet: |__|__|__|

Date du remplissage (jour/mois/année): |___|___| / |___|___| / **2007**

1.Poste occupé : …

2. Horaire de travail habituel : □ Fixe de jour □ Travail posté 3*8(matin /midi/soir)
□ Travail de nuit □ Travail posté 2*8 (matin /après-midi)

3. Ancienneté dans le poste de travail actuel: |__|__| an |__|__| mois

4. Age : |__|__|

5. Taille : |__| m |__|__| cm

6. Poids : |__|__|__| kg

Habitudes de vie

7. Pratiquez-vous des activités sportives ? □ Oui □ Non

Si oui a) lesquelles : … … … … … … … … … … … … … … … … …
b) combien de fois par semaine ? |__|__|
c) durée moyenne de chaque séance par activité ? |__|__| heures |__|__| minutes

8. Fumez-vous actuellement ? □ Oui □ Non
Si oui, a) depuis combien d'années ? |__|__|
b) Quelle est actuellement votre consommation de tabac ?
1 – Cigarettes par jour : |__|__|
2 – Cigarillos par jour : |__|__|
3 – Cigares par jour : |__|__|
4 – Quantité de tabac pour pipe (en grammes) par jour : |__|__|
5 – Quantité de tabac à chiquer ou à priser (sachets de10 g) par semaine : |__|__|
6 – Quantité de tabac pour narguilé (en grammes) par semaine : |__|__||__|__|

9. Combien buvez-vous en moyenne par jour ? nombre

a) de verres de vin ? |__|__|

b) de verres de bière ou de cidre ? |__|__|

c) de verres d'autres alcools (apéritifs, vodka, pastis, punch) ? |__|__|

10. Combien de tasses de café ou de thé buvez-vous en moyenne par jour ? |__|__|

11. Au cours des six mois, avez-vous pris des médicaments ?

(de votre propre initiative ou prescrits par un médecin) :

	Rarement	Souvent	Très souvent
a) contre le mal de tête	☐	☐	☐
b) contre la fatigue (mentale ou physique)	☐	☐	☐
c) pour dormir (tranquillisants ou somnifères)	☐	☐	☐
d) contre nervosité ou angoisse (anti-dépresseurs)	☐	☐	☐
e) antihistaminiques (médicaments contre l'allergie)	☐	☐	☐

Santé

	Rarement	Souvent	Très souvent
12. Avez-vous mal au dos ?	☐	☐	☐
13. Avez-vous des difficultés à marcher?	☐	☐	☐
14. Vous sentez-vous fatiguée ?	☐	☐	☐
15. Dormez-vous mal ?	☐	☐	☐

16. Avez- vous :	Oui	Non	Ne sait pas
a) des problèmes d'audition ?	☐	☐	☐
b) une otite chronique ?	☐	☐	☐
c) un antécédent de vertige ? (Menière, Vertige Positionnel Parosystique Bénin-VPPB)	☐	☐	☐

17. Avez-vous un antécédent de traumatisme ostéo-articulaire du membre inférieur ?	Oui	Non	Ne sait pas
(lors des 6 derniers mois)	☐	☐	☐
Si oui, a) à la cheville	☐	☐	☐
b) au genou	☐	☐	☐
c) à la hanche	☐	☐	☐

18. Avez-vous un antécédent de traumatisme musculaire	Oui	Non	Ne sait pas
du membre inférieur ? (lors des six derniers mois)	☐	☐	☐
Si oui, a) à la cuisse ?	☐	☐	☐
b) à la jambe ?	☐	☐	☐

19. Avez-vous un autre antécédent au membre	Oui	Non	Ne sait pas
inférieur ? (pied-bot de naissance, etc…)	☐	☐	☐

RESUME

Résumé

Le risque chimique est indissociable de toute activité humaine. La prise de conscience des industriels et des pouvoirs publics a permis une relative maîtrise du risque toxique.

Utilisé dans de nombreux domaines, les solvants organiques entrent dans la composition de divers produits tels que les peintures, les encres, les pesticides, les dégraissants les diluants et les colles. Parmi ces domaines la fabrication de chaussures représente un grand consommateur de colles, de diluants et de décapants à bases de solvants organiques. Par conséquent, les employés de ce secteur industriel sont susceptibles de présenter des pathologies suite à cette exposition à ces solvants organiques volatiles.

Dans le cadre de l'évaluation du risque nous nous sommes intéressés à l'impact sanitaire des expositions professionnelles aux solvants organiques dans l'industrie de fabrication des colles et leurs applications dans l'industrie de chaussures dans la région de Sfax en Tunisie. En effet, elles sont parmi les industries les plus développées dans notre région.

Les deux objectifs principaux de cette étude ont été :

- de hiérarchiser le risque chimique des différentes expositions professionnelles aux solvants et/ou aux colles en tenant compte à la fois du secteur d'activité et du poste de travail, et d'en préciser les niveaux atmosphériques ;
- d'évaluer les impacts sanitaires des expositions aux principaux solvants en milieu professionnel par la mesures des indicateurs d'expositions biologiques couplés à des indicateurs de neurotoxicité par des mesures posturales.

Les objectifs secondaires sont :

- d'établir la liste des salariés exposés aux solvants des colles, en vue du suivi professionnel ;
- et d'appliquer les dosages bio-métrologiques dans la surveillance médicale professionnelle.

Abstract

The chemical risk is inseparable from human activity. The awareness of industry and authorities have a mild control of the toxic risk.

Used in many areas, organic solvents make part of the composition of various products such as paints, inks, pesticides, degreasers thinners and glues. Among these areas the footwear industry represents a large consumer of glues, thinners and strippers bases of organic solvents. Therefore, the employees of this industry are likely to present made of following the exposure to these volatile organic solvents.

As part of risk assessment we are interested in the health impact of occupational exposure to organic solvents in the manufacturing of adhesives and their applications in the footwear industry in the region of Sfax in Tunisia. Indeed, they are among the most developed industries in our region.

The two main objectives of this study were:

- Prioritize the risk of chemical exposures to various solvents and/or adhesives taking into account both the industry and the workplace, and to clarify the atmospheric levels;
- Assess the health impacts of exposure tomajor solvents in the workplace by measuring biological indicators of exposure coupled with indicators of neurotoxicity by postural measures.

The secondary objectives are:

- to establish the list of employees exposed to solvents, adhesives, for the professional;
- and implement bio-metrological doses in occupational health surveillance.

VALORISATION DE LA THESE

I. Participation à des manifestations scientifiques

I.1. Repérage des expositions professionnelles aux solvants organiques dans l'industrie de la fabrication des colles et chaussures dans la ville de Sfax (Tunisie). **I. Gargouri**, M. Khadhraoui, A. Leroyer, C. Nisse, M. L. Masmoudi, B. Elleuch, D. Marzin, P. Frimat. Epidémiologie en santé au Travail, 10ème Colloque de l'ADEREST. Lille (France), le 30 et 31 mars 2006.

I.2. Les solvants organiques dans l'industrie de la fabrication de colles et de chaussures dans la ville de Sfax. I. Gargouri, M. Khadhraoui, K. A. Leroyer, C. Nisse, M. L. Masmoudi, D. Marzin, P. Frimat., B. Elleuch. 4ème Congrès National de Médecine du Travail. Tunis (Tunisie), les 24 et 25 Octobre 2007.

II. Publications

II.0. « Impact sanitaire des variations quotidiennes de la pollution atmosphérique urbaine» : Étude de faisabilité dans la ville de Sfax (TUNISIE). **Gargouri I**, Rebaï A, Khadhraoui M, Kallel M, Jmal-Hammami K, Medhioub K, Masmoudi ML, Elleuch B, Haguenoer JM. *Environnement, Risque & Santé 2006, 6 : 1-9.*

II.1. "Effect of chronic and subchronic organic solvents exposure on balance control of workers in plant manufacturing adhesive materials". G. Herpin, **I. Gargouri**, G. C. Gauchard, C. Nisse, M. Khadhraoui, B. Elleuch, D. Zmirou-Navier, Ph. P. Perrin. *Neurotoxicity Research* (**Accepté** : Septembre 2008)

II.2. "Evaluation of occupational exposure to organic solvents in an adhesive producing company in Sfax, Tunisia". **I. Gargouri**, M. Khadhraoui, G. Herpin, A. Leroyer, G. Gauchard, Ph Perrin, D. Zmirou-Navier, M. L. Masmoudi, P. Frimat, D. Marzin, B. Elleuch, C. Nisse. (**Proposé** : Novembre 2008 à "*Journal of Occupational Medicine and Toxicology*")

Résumé

Le risque chimique est indissociable de toute activité humaine. La prise de conscience des industriels et des pouvoirs publics a permis une relative maîtrise du risque toxique.

Utilisé dans de nombreux domaines, les solvants organiques entrent dans la composition de divers produits tels que les peintures, les encres, les pesticides, les dégraissants les diluants et les colles. Parmi ces domaines la fabrication de chaussures représente un grand consommateur de colles, de diluants et de décapants à bases de solvants organiques. Par conséquent, les employés de ce secteur industriel sont susceptibles de présenter des pathologies suite à cette exposition à ces solvants organiques volatiles.

Dans le cadre de l'évaluation du risque nous nous sommes intéressés à l'impact sanitaire des expositions professionnelles aux solvants organiques dans l'industrie de fabrication des colles et leurs applications dans l'industrie de chaussures dans la région de Sfax en Tunisie. En effet, elles sont parmi les industries les plus développées dans notre région.

Les deux objectifs principaux de cette étude ont été :

- de hiérarchiser le risque chimique des différentes expositions professionnelles aux solvants et/ou aux colles en tenant compte à la fois du secteur d'activité et du poste de travail, et d'en préciser les niveaux atmosphériques ;
- d'évaluer les impacts sanitaires des expositions aux principaux solvants en milieu professionnel par la mesures des indicateurs d'expositions biologiques couplés à des indicateurs de neurotoxicité par des mesures posturales.

Les objectifs secondaires sont :

- d'établir la liste des salariés exposés aux solvants des colles, en vue du suivi professionnel ;
- et d'appliquer les dosages bio-métrologiques dans la surveillance médicale professionnelle.

Abstract

The chemical risk is inseparable from human activity. The awareness of industry and authorities have a mild control of the toxic risk.

Used in many areas, organic solvents make part of the composition of various products such as paints, inks, pesticides, degreasers thinners and glues. Among these areas the footwear industry represents a large consumer of glues, thinners and strippers bases of organic solvents. Therefore, the employees of this industry are likely to present made of following the exposure to these volatile organic solvents.

As part of risk assessment we are interested in the health impact of occupational exposure to organic solvents in the manufacturing of adhesives and their applications in the footwear industry in the region of Sfax in Tunisia. Indeed, they are among the most developed industries in our region.

The two main objectives of this study were:

- Prioritize the risk of chemical exposures to various solvents and/or adhesives taking into account both the industry and the workplace, and to clarify the atmospheric levels;
- Assess the health impacts of exposure tomajor solvents in the workplace by measuring biological indicators of exposure coupled with indicators of neurotoxicity by postural measures.

The secondary objectives are:

- to establish the list of employees exposed to solvents, adhesives, for the professional;
- and implement bio-metrological doses in occupational health surveillance.