

Evaluation environnementale de l'exposition aux solvants organiques dans les petites et moyennes entreprises de la région du grand Tunis

A.BEN AMOR; I.YOUSSEF; N. LADHARI; A. MHAMDI; F. BEN SALAH; A. BEN JEMAA; R. GHARBI
Laboratoire de Recherche en Toxicologie, Ergonomie et Environnement Professionnel (LARTEEP) - Faculté de Médecine de Tunis

Introduction :

L'utilisation des produits chimiques est un facteur essentiel du développement de notre société et contribue à sa prospérité économique. Depuis les années 1930, la production mondiale des substances chimiques a été multipliée par 400 (7). En effet, la peinture, le plastique, les conservateurs, les détergents, etc. nous rendent d'innombrables services. Cependant, certaines substances d'entre elles peuvent avoir d'importants effets nocifs sur l'environnement et sur la santé même à faibles doses et que d'autres suscitent des inquiétudes pour leurs caractères persistants dans les milieux.

Face à l'omniprésence des substances chimiques dans notre quotidien et devant l'importance des incertitudes qui demeurent pour conduire l'évaluation de leurs effets, l'enjeu de la toxicologie industrielle est de déterminer l'équilibre acceptable par nos sociétés entre les bénéfices apportés et la prise de risque pour la santé humaine et l'environnement.

Les solvants organiques restent les produits chimiques les plus utilisés. Ils sont le plus souvent très volatils et hautement inflammables (5). Certains d'entre eux dégagent des vapeurs plus lourdes que l'air et peuvent migrer le long du sol jusqu'à une source d'ignition. Leurs vapeurs sont aussi susceptibles d'exploser lorsqu'il y a présence d'une source de feu à proximité. Les solvants peuvent aussi s'accumuler dans les espaces confinés et y rester longtemps, présentant un risque pour la santé et l'environnement (2). D'ailleurs, la pollution atmosphérique trouve essentiellement ses hauts niveaux dans les emplacements situés à proximité des usines ou des grands sites industriels manipulant les solvants organiques dont la toxicité est devenue un problème de santé publique.

Nous nous intéressons dans cette étude à plusieurs industries utilisant les solvants organiques (Cuir et chaussures, impression, laboratoires, lavage à sec, fabrication de meubles, etc.). Ces solvants, souvent

volatils, constituent une source importante de l'exposition des travailleurs à des produits toxiques.

Ce travail a pour objectif l'évaluation des niveaux d'exposition aux solvants dans les petites et moyennes entreprises de la région de Tunis et la proposition des mesures préventives spécifiques et adéquates

Matériel et Méthodes

L'étude a intéressé 80 postes de travail dans 30 entreprises industrielles de la région du grand Tunis appartenant à différents secteurs d'activités (fabrication de colles, cuir et chaussures, gainage de volants de voitures, impression, textiles, laboratoires hospitaliers, lavage à sec, etc.). Ces entreprises utilisaient des solvants de nature chimique diverse.

Les prélèvements d'air effectués étaient de type dynamique à l'aide de pompes individuelles de type CASELLA programmables. La technique d'échantillonnage utilisée était l'adsorption. La durée moyenne de chaque prélèvement était de quatre heures.

Les tubes de prélèvements étaient transportés dans une glacière vers le Laboratoire de Recherche en Toxicologie, Ergonomie et Environnement Professionnel de la Faculté de Médecine de Tunis (LARTEEP) le plus rapidement possible où ils étaient conservés à une température de + 4°C avant d'être analysés.

L'analyse était réalisée en deux étapes :

- La désorption du polluant de l'adsorbant était assurée par le disulfure de carbone (CS₂).
- Les échantillons prélevés étaient analysés par chromatographie en phase gazeuse de type HEWELETT-PACKARD 6890 équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID).

Les moyennes des concentrations mesurées étaient comparées à des valeurs moyennes d'exposition (Normes françaises et/ou européennes) (tableau 1).

Tableau 1 : Normes des solvants analysés dans les échantillons d'air prélevés (valeurs moyennes d'exposition : VME).

Solvants analysés	Normes française et/ou européennes : (ppm) (VME)
Acétate d'éthyle	400
Benzène	1
Cyclohexane	300
Hexane	50
Méthyléthylcétone	200
Perchloréthylène	50
Toluène	50
Formaldéhyde	0.5
Méthoxypropanol	100
Styrène	50
Xylène	50

Mode de calcul :

Dans notre étude, les travailleurs étaient exposés à un mélange de solvants dont les effets sont synergiques.. Pour évaluer le degré d'exposition dans ce cas, il fallait déterminer l'indice de concentration du mélange (ICM) qui est calculé de la façon suivante : on détermine la concentration atmosphérique réelle de chaque substance divisée par sa valeur moyenne d'exposition. Pour respecter la norme admissible, l'indice de concentration du mélange ne doit pas dépasser l'unité (1).

$$ICM = \frac{C1}{N1} + \frac{C2}{N2} + \dots + \frac{Cn}{Nn}$$

ICM : indice de concentration du mélange des solvants utilisés
C1.... Cn : concentrations réelles dans l'air mesurées des substances manipulées
N1.... Nn : Normes des substances ou valeurs de référence (Valeur moyenne d'exposition).

Résultats

1- Description des conditions de travail :

Les principaux produits manipulés étaient des solvants ou des produits à base de solvants organiques (colles, encres, peintures...). L'aération était essentiellement naturelle assurée par des fenêtres et des portes souvent laissées ouvertes. La ventilation artificielle était souvent insuffisante. L'aspiration à la source était absente dans tous les postes étudiés. Les équipements de protection individuelle spécifiques étaient inexistantes. Les règles d'hygiène alimentaire étaient souvent non respectées.

2- Résultats des analyses des échantillons d'air prélevés :

Le nombre d'entreprises investiguées, la répartition des postes de travail étudiés par secteur d'activité et le nombre de postes avec la concentration d'au moins d'un solvant était supérieure à la valeur moyenne d'exposition sont présentés dans le tableau II

Les concentrations des solvants mesurées dans l'atmosphère de travail étaient comparées à des normes françaises et/ou européennes

Tableau II : Répartition des postes de travail étudiés par secteur d'activité et pourcentage des postes avec la concentration d'au moins d'un solvant était supérieure à la VME. :

Secteurs étudiés	Nombre d'entreprises investiguées	Nombre de postes étudiés par secteur	Nombre de postes étudiés avec concentration d'au moins un solvant trouvé supérieure à la VME
Fabrication de colles	1	8	2
Cuir et chaussures	6	15	5
Fabrication de volants	2	8	3
Lavage à sec	6	6	3
Laboratoires	6	10	3
Textiles	2	4	0
Fabrication de meubles	1	8	4
Impression	2	8	0
Fabrication de filtres	1	1	0
Industrie de l'éclairage	1	2	1
Ind. électronique	1	2	1
Fabrication de brosses	1	5	0
Matières plastiques	1	3	1
Total	30	80	23 (28.8%)

Dans 23 postes parmi les 80 étudiés (28.8 %), nous avons observé qu'il y avait au moins un solvant dont la concentration moyenne dépassait la norme appliquée (Tableau II).

Tableau III : Fréquence d'utilisation des solvants organiques dans les entreprises étudiées et facteur de dépassement de la VME pour chaque solvant.

Solvants analysés	Nombre d'entreprises dans lesquelles le solvant a été analysé	Facteur du dépassement de la VME
Acétate d'éthyle	14	Pas de dépassement
Benzène	2	1.5
Cyclohexane	11	Pas de dépassement
Hexane	11	1.1 - 3.9
Méthyléthylcétone	11	Pas de dépassement
Perchloréthylène	9	1.1 - 7.1
Toluène	17	1.1 - 7.4
Formaldéhyde	9	1.2 - 2.4
Méthoxypropanol	2	Pas de dépassement
Styrène	3	2.25
Xylène	3	Pas de dépassement

Les entreprises étudiées utilisaient des solvants de nature chimique diverse (Tableau III). Les solvants dosés dans les échantillons d'air prélevés étaient sélectionnés après consultation des fiches de données de sécurité recueillies auprès des entreprises.

Les solvants les plus utilisés dans les secteurs investigués étaient le toluène, l'acétate d'éthyle, l'hexane, le cyclohexane, le méthyléthylcétone et le formaldéhyde. Au total, onze solvants ont été analysés dans les échantillons d'air prélevés dans les postes étudiés.

Le dépassement de la norme a été observé pour six solvants parmi onze analysés (tableau III). Le facteur de dépassement variait de 1.1 à 7.4 selon le type de solvant analysé.

Pour le benzène n'était pas manipulé directement mais il était présent comme impureté dans le toluène.

Tableau IV : Postes étudiés avec ICM supérieur à 1

Secteurs étudiés	Nombre de postes étudiés	Nombre de postes étudiés avec ICM supérieur à 1
Fabrication de colles	8	2
Cuir et chaussures	15	8
Fabrication de volants	8	4
Lavage à sec	6	3
Laboratoires	10	4
Textiles	4	2
Fabrication de meubles	8	6
Impression	8	3
Fabrication de filtres	1	0
Industrie de l'éclairage	2	2
Ind. électronique	2	1
Fabrication de brosses	5	2
Matières plastiques	3	1
Total	80	38 (47.5%)

L'ICM était supérieur à la norme dans 36 postes parmi les 80 étudiés soit 47.5 %, (Tableau IV).

DISCUSSION

Les solvants sont utilisés dans de nombreux domaines bien qu'ils soient connus par leur effet nocif. Leur manipulation d'une manière permanente constitue un risque important pour la santé et l'environnement. Ce risque serait plus accentué lorsque les règles d'hygiène et de sécurité de travail ne sont pas respectées.

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques et la toxicité de ces produits est insuffisante et doit être complétée par l'étude des conditions de leur utilisation, de leur déchargement, de leur stockage et de leur manipulation. Il faut également évaluer périodiquement le niveau d'exposition des travailleurs afin de déterminer les situations à risque.

Notre étude a contribué à évaluer l'exposition professionnelle aux vapeurs de solvants dans trente entreprises utilisant des solvants organiques de nature très diverse. Le choix de cette étude était justifié par :

- La grande diversité des secteurs utilisant les solvants
- Les grandes quantités de solvants utilisés
- L'importance de la population exposée aux solvants. En effet, la majorité de ces produits a un effet neurotoxique dont la gravité varie avec la nature du solvant.

D'après les fiches de données de sécurité des colles manipulées, les solvants les plus rencontrés étaient : le toluène, l'hexane, l'acétate d'éthyle, le méthyle éthyle cétone, le cyclohexane, le styrène, le xylène, le perchloroéthylène, le formaldéhyde, etc....

Sur le plan méthodologie, la stratégie d'échantillonnage a pris en considération les aspects suivants :

- Nombre et durée des prélèvements suffisants pour couvrir une journée de travail.
 - Rotation importante des travailleurs portant les pompes de prélèvement en vue d'intégrer les différentes situations de travail et de mesurer avec précision la quantité cumulée de vapeurs de solvants inhalée par journée de travail.
- Toutefois, il y a lieu de signaler que cette évaluation de l'exposition nécessite d'être complétée par une étude bio métrologique pour mieux appréhender la dose absorbée.

L'étude des conditions de travail dans les 30 entreprises a montré des insuffisances en particulier: l'absence de séparation physique entre les différents postes. En effet, tous les postes se trouvaient dans le même local. De ce fait, tous les travailleurs étaient exposés aux vapeurs de solvants.

- L'aération était naturelle assurée par les fenêtres, celle-ci était insuffisante vu l'absence de ventilation artificielle et d'une aspiration à la source. Les règles d'hygiène n'étaient pas toujours respectées et les récipients contenant les préparations à base de

solvants étaient laissés souvent ouverts en dehors de toute utilisation.

De même à l'échelle internationale, JOACHIM et coll (4) ont enregistré en 2003, dans un rapport de synthèse de la mission «prédiagnostic environnemental » couvrant 17 entreprises du secteur de cuir et de chaussures, que ces dernières ne respectaient pas les mesures de prévention collective et individuelle. Ils ont constaté également que toutes les entreprises utilisaient des substances toxiques pour l'environnement et pour les ouvriers. La majorité des petites et moyennes entreprises ne connaissaient pas la législation et la réglementation nationale sur la protection de l'environnement et une seule parmi les entreprises étudiées avait un responsable de l'environnement.

Cette situation s'est traduite par des dépassements des VME pour certains solvants dans 28.8% des postes étudiés. Le facteur de dépassement variait de 1.1 à 7.4 pour le toluène, de 1.1 à 3.9 pour l'hexane, de 1.1 à 3.7 pour le perchloroéthylène et de 1.2 à 2.4 pour le formaldéhyde.

Ces dépassements ont été souvent rapportés dans des études tunisiennes et internationales.

En 1997, Yekoyama et coll (8) ont rapporté des valeurs de concentrations de l'hexane variant de 13 à 100 ppm (soit une moyenne de 40 ppm) dans une entreprise de fabrication de sandales et du cuir.

En 2001, l'union fédérale des consommateurs (Que choisir) (6) a mené une étude environnementale sur le niveau global de la pollution de l'air intérieur : la concentration du benzène était égale 0.002 ppm et celle de toluène était égale 0.03 ppm.

En 2002, Burgaz et coll (1) ont réalisé une étude environnementale dans 10 petits ateliers de fabrication de chaussures. La moyenne des concentrations de l'hexane était de 58,7 ppm dans ces locaux.

Entre 2001 et 2004, l'IRSST (2 :3) a publié les résultats des analyses réalisées dans 10 entreprises de différentes activités (cuir, chaussures, matériel de transport, meubles...) manipulant les solvants, 10.9% des échantillons prélevés et analysés avaient des concentrations de toluène supérieures à la norme, 10.7% ayant des concentrations de méthyléthylcétone supérieures à la norme et 3% ayant des concentrations d'acétate d'éthyle supérieures à la norme.

En 2005, l'IRSST (3) a rapporté que, dans une entreprise de cuir utilisant la colle néoprène, 11% des concentrations de cyclohexane étaient supérieures à la norme.

Dans notre étude, les travailleurs étaient exposés à un mélange de solvants dont les effets sont identiques. Dans ce cas, il faut prendre en considération la somme des effets des différents solvants par le calcul de l'indice de concentration du mélange qui a révélé des valeurs supérieures à la norme. Le dépassement de l'indice de concentration de mélange a été observé dans 47.5% des postes étudiés.

Dans notre étude, les travailleurs étaient exposés à des solvants dont la gravité des effets était diverse. En effet, les solvants pouvaient être à l'origine de :

- manifestations neuropsychiques non spécifiques rapportées dans 78.4 % des cas,
- Psycho syndromes organiques dans 11 % des cas
- Syndrome d'intolérance acquise aux solvants dans 9 à 11% des cas
- Dyschromatopsie aux solvants dans 21.7 % des cas

Ces effets des solvants pouvaient être observés même à faible dose.

Toutes ces données montraient que l'exposition aux solvants constitue un problème de santé publique.

Pour faire face à ce problème de santé il est indispensable :

- D'instaurer une réglementation normative et technique
- Exiger la FDS avant l'introduction d'un nouveau solvant dans l'entreprise
- Minimiser les teneurs de solvants dans les préparations
- Recourir à des technologies non consommatrices de solvants
- Optimiser la prévention collective efficace et individuelle spécifique.
- Informer les travailleurs sur les risques pour la santé et les sensibiliser à l'intérêt du respect des consignes de sécurité et aux bonnes pratiques de la manipulation des solvants.

Conclusion :

L'évaluation environnementale de l'exposition aux solvants constitue un élément important et indispensable dans l'élaboration et le suivi des

mesures de prévention. Elle est complémentaire à l'évaluation médicale et à toute stratégie d'évaluation du risque toxique.

Les dépassements des normes enregistrés dans notre étude nous incitent à effectuer des évaluations régulières et périodiques dans les entreprises manipulant des produits chimiques en particulier les solvants et à proposer des mesures préventives spécifiques et adéquates.

Références bibliographiques

1-Burgaz & coll. (2002).Cytogenetic analysis buccal cells from shoe-workers and pathology and anatomy laboratory workers exposed to n-hexane, toluene, and methyl lethyl ketone and formaldehyde .Biomarkers.

2-IRSST. (1994).Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. Document consulté sur Internet le 12-03-2007.

3-IRSST. (2007).Publications IRSST : Substances chimiques et agents biologiques. Document consulté sur Internet le 24-09-2007.

4-Joachim F.,Elleuch A.(2003).Rapport de synthèse de la mission« prediagnostic environnemental »dans 17 entreprises du secteur de cuir et de chaussures .Projet de mise à niveau des entreprises privée tunisiennes aux exigences environnementales. Document consulté sur Internet le12-09-2007.

5-Person P., Laurent A M & Le Moullec y. (1998).La mesure individuelle de l'exposition humaine aux polluants atmosphériques.

6-Union fédérale des consommateurs (Que choisir). (2001).Rapport d'analyse de l'air intérieur.

7-Yamani M., Barillon A. (2006).Substances chimiques. Document consulté sur Internet le 02-11-2006.

8-Yekoyama K & coll. (1997).Postural sway frequency analysis in workers exposed to n-hexane, xylene and toluène: Assessment of subchemical cerebellar dysfunction. Environ. Res