

# Exposition percutanée aux agents chimiques

## Résultats d'une étude sur la méthodologie d'évaluation et les pratiques de terrain

*Cet article présente les résultats d'une étude sur la méthodologie d'évaluation de l'exposition percutanée aux agents chimiques et les pratiques de terrain en matière de prévention. Cette étude s'est uniquement intéressée aux effets systémiques<sup>(1)</sup> après pénétration à travers la peau (neurologiques, hépatiques, manifestations allergiques...). Les effets cutanés locaux ne sont donc pas abordés (irritations, allergies...). En conclusion sont proposées des pistes d'action pour réduire les risques liés à cette exposition.*

### En résumé

Peu d'articles ont été publiés sur l'exposition percutanée aux produits chimiques et notamment sur ses effets systémiques. Les substances dangereuses, après pénétration à travers la peau, sont transportées par le sang vers l'ensemble des organes où elles vont exercer leurs effets toxiques. C'est la toxicité systémique. Cette étude, construite en 5 parties, propose un état des connaissances sur l'absorption cutanée, fait le point sur la méthodologie d'évaluation des risques et les moyens de prévention. En quatrième partie sont proposés les résultats de visites en entreprise et d'enquêtes par questionnaire auprès de services de santé au travail et de laboratoires. En conclusion sont développées des possibles pistes d'actions de prévention.

### Introduction

La présence de nombreux produits chimiques et leur utilisation industrielle généralisée en milieu de travail multiplient les situations où le salarié est potentiellement exposé au risque chimique. Une exposition professionnelle à un agent chimique correspond à une situation de travail pour laquelle est constaté un contact entre un agent chimique et un salarié (encadré 1).

L'employeur est tenu envers le salarié à une obligation de sécurité, en application de l'article L. 230-2 du Code du travail issu de la Loi n° 91-1414 du 31 décembre 1991, renforcée, depuis février 2002, par l'arrêt de la Cour de Cassation relatif à l'amiante, en obligation de sécurité de résultat. Ainsi, l'entreprise doit mettre en œuvre toute mesure adaptée afin qu'aucun de ses salariés ne contracte une maladie professionnelle du fait d'un produit utilisé dans le cadre de son travail. Le décret n° 2001-97 du 1<sup>er</sup> février 2001, établissant les règles particulières de prévention des

### Voies de pénétration dans l'organisme d'un agent chimique

La voie respiratoire est la voie la plus connue et généralement celle qui est prise en compte. Des niveaux de concentration dans l'atmosphère de travail à ne pas dépasser ont été définis pour un certain nombre de substances (valeurs limites d'exposition).

L'ingestion est la voie la moins courante et les moyens de prévention sont connus (règles élémentaires d'hygiène).

La voie cutanée est peu connue donc peu prise en compte en milieu de travail. Pourtant des scientifiques ont commencé à s'inquiéter de l'exposition aux pesticides agricoles, produits facilement absorbés par voie cutanée, dès les années 50 [1]. La voie cutanée peut dans certains cas être la voie principale de contamination; le passage à travers la peau de substances chimiques est d'ailleurs utilisé dans un but thérapeutique pour l'administration de médicaments (cestrogonés, patch à la nicotine...).

C. IM-SAROEUN,  
AVEC H. HASNI-PICHARD  
ET F. LAUZIER

Unité Hygiène industrielle  
et pathologie professionnelle,  
Caisse régionale  
d'assurance maladie  
d'Ile-de-France (CRAMIF).

Remerciements à :  
F. Pillière (INRS),  
F. Marcenac (Hygiène  
industrielle, Rhodia)  
et A. Nicolas (Toxilabo).

ENCADRÉ 1

(1) Les substances dangereuses, après pénétration à travers la peau, sont transportées par le sang vers l'ensemble des organes où elles vont exercer leurs effets toxiques. C'est la toxicité systémique. Ainsi, par exemple, les solvants peuvent toucher les cibles suivantes : cerveau, système nerveux périphérique, foie, reins, vessie...

 inrs

Documents  
pour le Médecin  
du Travail  
N° 111  
3<sup>e</sup> trimestre 2007

349

(2) Dans la pratique, pour les experts ou le législateur, il n'est pas fait de distinction entre pénétration cutanée, percutanée et transcutanée. Ces termes ont donc été employés indifféremment dans cette étude.

risques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (dit décret « CMR »), énonce clairement la nécessité de prendre en compte la voie de pénétration cutanée lors de l'évaluation du risque (« ...y compris l'absorption percutanée ou transcutanée... »). La circulaire relative aux règles particulières à prendre contre les risques d'exposition aux CMR [2] précise : « par voie de pénétration cutanée, on entend pénétration percutanée et/ou pénétration transcutanée<sup>(2)</sup> ». Cependant ce risque existe également pour de nombreuses substances non CMR et mérite de la même façon d'être pris en compte.

## Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude étaient :

- de faire le point sur l'exposition percutanée aux agents chimiques et sa prévention en milieu professionnel ;
- de faire le point sur les pratiques de terrain en matière de prévention des risques liés à l'exposition percutanée ;
- de proposer des pistes d'actions pour réduire les risques liés à cette exposition.

## Méthodologie

La méthodologie de l'étude a comporté plusieurs phases :

- un état des connaissances à partir d'une sélection bibliographique sur l'exposition percutanée aux agents chimiques ;
- la réalisation d'une liste d'outils disponibles pour l'évaluation des risques et des moyens de prévention ;
- une analyse de la réalité du terrain par une quinzaine de visites en entreprises ayant des activités diverses ;
- une enquête auprès de 41 services de santé au travail en Ile-de-France et de laboratoires en toxicologie (8 laboratoires CRAM et un laboratoire privé) par l'envoi de questionnaires ou par entretiens.

Des entretiens avec des experts (INRS, ministère chargé du Travail, Direction régionale du travail et de la formation professionnelle), des toxicologues, des experts en hygiène industrielle, des médecins (centre anti-poisons, Mutualité sociale agricole (MSA), médecins du travail, CRAM), des préventeurs (CRAM), un syndicat professionnel (Union des industries chimiques), un producteur de gants de protection ont permis de compléter

cette étude notamment pour les propositions d'actions de prévention développées en conclusion.

## État des connaissances sur l'absorption cutanée

L'état des connaissances sur l'absorption cutanée a été possible grâce à l'analyse des données bibliographiques et de listes de substances passant à travers la peau.

### LA PÉNÉTRATION CUTANÉE (encadré 2)

La peau, par l'importance de sa surface, constitue quantitativement l'organe le plus important en contact avec le milieu extérieur (près de 2 m<sup>2</sup>). Toutefois, cette barrière protectrice n'est pas absolue, elle est perméable à pratiquement toutes les substances, à des degrés variables, dépendant de l'état physiologique de la peau, des propriétés physico-chimiques des composés et de la nature de « l'environnement » (support/excipient, air ambiant...).

Le passage d'une substance à travers la peau peut être délibérément recherché, lorsqu'il s'agit d'une substance active susceptible d'effectuer une action thérapeutique au sein de la peau ou systémique. C'est pourquoi les sources d'informations intéressantes sur la connaissance des facteurs intervenant dans la pénétration cutanée sont essentiellement issues des études pharmacologiques.

L'absorption cutanée est le terme consacré pour décrire la pénétration d'une molécule en contact avec la surface de la peau, au travers du stratum corneum et des couches sous-jacentes jusqu'aux vaisseaux sanguins. « L'effet réservoir » du stratum corneum (la substance est stockée dans la couche cornée externe de la peau) entraîne une exposition interne qui continue même après que l'exposition externe a cessé [3].

Plusieurs facteurs déterminent l'absorption des substances chimiques au niveau de la peau.

Les principaux cités dans la littérature sont ([4 à 6], [www.therapeutique-dermatologique.org](http://www.therapeutique-dermatologique.org)) :

- les propriétés physico-chimiques ;
- l'état de la substance (liquide, vapeur, solide) ;
- le type de support contenant la substance ;
- la concentration et la solubilité de la substance dans le support ;
- les conditions d'exposition (surface impliquée, durée d'exposition, humidité, température) ;
- les caractéristiques de la peau.

Ces facteurs agissent généralement par effet de synergie.

C'est ainsi qu'une exposition de la peau à un solvant peut ensuite, lors de contact avec d'autres substances chimiques, augmenter la perméabilité à ces substances.

### LES DONNÉES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

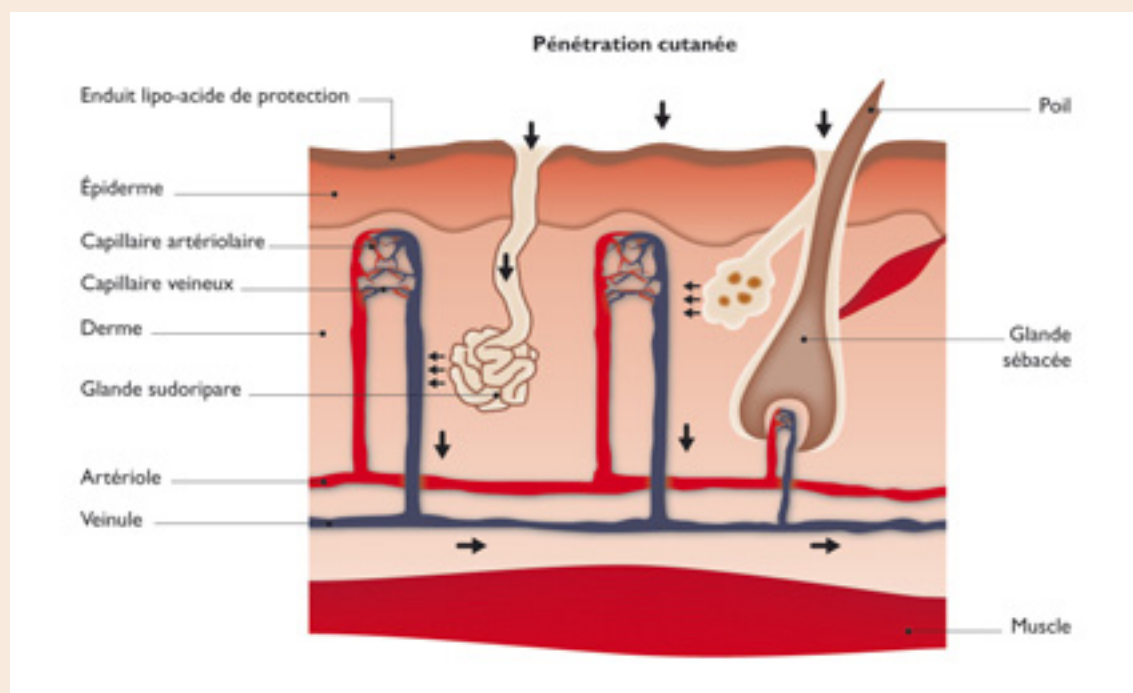
À la connaissance de l'auteur, *il n'existe aucune étude* permettant de connaître la proportion de maladies professionnelles et de décès dus à la pénétration cutanée des produits chimiques.

### LES SUBSTANCES PASSANT À TRAVERS LA PEAU

Les substances passant à travers la peau peuvent être retrouvées dans les listes de substances ayant une limite d'exposition atmosphérique aux produits chimiques (VLEP). Les premières notations « peau » (« skin notation ») sont apparues sur les listes de valeurs limites d'exposition atmosphérique aux produits chimiques il y a presque 50 ans (1958 en Allemagne, 1961 aux États-Unis) pour attirer l'attention sur les produits pouvant pénétrer à travers la peau et pouvant donc entraîner une toxicité systémique. Un article récent [7] compare l'usage de la notation « peau » ou « risque percutané » sur les listes de VLEP pour six

### Schéma simplifié de la peau expliquant la pénétration cutanée

(Source Groupe DEGUSSA, CD-Rom : Approche pratique pour la prévention des dermatoses professionnelles les plus fréquentes)



La peau est composée de plusieurs couches :

- ▶ le **film lipo-acide** composé de sueur, de sébum et de graisses épidermiques
- ▶ l'**épiderme** dont la couche la plus extérieure est la couche cornée ou **stratum corneum**
- ▶ le **derme**, tissu de soutien contenant notamment les capillaires sanguins
- ▶ l'**hypoderme**, couche la plus profonde

L'entrée des substances chimiques par la peau :

- ▶ par les voies naturelles → pores des glandes sudoripares et follicules pileux
- ▶ par lésions de la barrière naturelle → film lipo-acide, épiderme

La pénétration sanguine se fait ensuite au niveau du derme et la diffusion dans le reste de l'organisme

ENCADRÉ 2

pays (tableau I). Pour les six pays considérés, environ 30 % des substances avec une valeur limite d'exposition atmosphérique possèdent la notation « peau ». Il existe cependant des variations importantes entre les pays: certains attribuent la notation « peau » dès qu'il y a des effets locaux, d'autres uniquement s'il y a des effets systémiques [8]. Malgré la difficulté à établir un lien entre l'exposition cutanée et l'apparition d'une maladie, de nombreuses études publiées dans la littérature scientifique mettent en évidence l'importance de la pénétration cutanée dans l'apparition de pathologies [9]. Ces études ont un point commun: les expositions concernant des substances chimiques à relativement faible pression de vapeur, c'est-à-dire peu volatiles. En fait, 81 % des substances chimiques ayant une VLEP indiquant une notation « peau » ont une pression de vapeur inférieure à 5 mm Hg (0,66 kPa). Ces substances peu volatiles ont ainsi tendance à rester plus longtemps sur les surfaces et la peau. Il est important de savoir

que, pour réduire les expositions atmosphériques, la tendance récente dans les industries est de substituer par des substances moins volatiles, donc à faible pression de vapeur, pouvant augmenter ainsi le temps d'exposition cutanée qui devient alors la voie de contamination prépondérante.

Les substances ayant fait l'objet d'une classification et d'un étiquetage harmonisés au niveau européen figurent à l'annexe I de la directive 67/548/CEE pour la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses: 1204 substances sur 3366 (36 %) de la liste européenne (liste non exhaustive) ont une phrase de risque mentionnant le « contact avec la peau » (R21, R24, R27, R43 et leurs associations). Ce pourcentage met en évidence l'importance du risque de pénétration des substances par contact avec la peau et donc susceptibles d'avoir un effet systémique par pénétration cutanée.

Dans le guide *BIOTOX* (cf. p. 433 dans ce numéro de la

### ENCADRÉ 3

## Exemples de substances pouvant être à l'origine d'absorption percutanée en

### MDI (4,4'-diisocyanate de diphenylméthane) [11]

Cette étude a eu pour objectif d'évaluer, par surveillance biologique, l'exposition au MDI (classement cancérogène catégorie 3 en cours) en utilisant la 4,4' méthylènedianiline (MDA) urinaire comme traceur biologique. Elle a été réalisée sur des chantiers d'application manuelle de revêtements de sols utilisant des résines polyuréthanes bi-composants avec des durcisseurs polyisocyanates contenant des pourcentages variables de MDI monomère. Avec les protections individuelles, les salariés suivis ont tous des taux d'imprégnation en MDA urinaires supérieurs à la population générale non exposée. Même après une très courte durée d'exposition (30 minutes maximum), les taux observés atteignent près de 20 % de la valeur guide biologique existante (valeur allemande) fixée à 10 µg/g de créatinine et 40 % de la valeur guide française de 50 ng/L en fin de poste de travail. La pénétration cutanée du MDI est ici confirmée, le MDI appliqué au rouleau n'entraînant pas d'exposition respiratoire.

### Absorption cutanée de benzène [12]

En 1987, l'OSHA a proposé que le benzène soit restreint à 0,1 % en masse dans les diluants compte tenu de son pouvoir cancérogène (leucémie) et que toute concentration en benzène supérieure à 0,1 % soit indiquée dans les fiches de données de sécurité et soit étiquetée, mais aucune précaution particulière n'est demandée lorsque la concentration est inférieure à 0,1 %.

Dans le travail présenté, il est démontré qu'un salarié exposant ses avant-bras et ses mains à un solvant conte-

nant 0,1 % de benzène de façon intermittente pendant sa journée de travail pour une exposition de 64 minutes par jour aurait accumulé au bout de quarante ans, par absorption cutanée, une dose de benzène équivalente qui augmenterait le risque de développer une leucémie de 42 % par rapport à une population non exposée.

Si ce solvant contenait 0,01 % de benzène, les auteurs ont calculé que l'excès de risque de leucémie serait de 3 % par rapport à un individu non exposé.

Alors que la valeur limite actuelle fixée par l'OSHA pour le benzène est de 1 ppm, le NIOSH et l'ACGIH ont recommandé que le niveau soit réduit dans l'atmosphère à 0,1 ppm. De la même façon, les auteurs recommandent que la limite de 0,1 % de benzène, dans les liquides et les diluants, soit revue à la baisse et proposent comme limite 0,01 %. Dans l'attente de cette réglementation et de ce changement éventuel, ils recommandent par prudence, dans les pratiques préventives, d'identifier la présence de benzène dans des concentrations  $\geq 0,01$  % et de l'indiquer sur les fiches de données de sécurité.

### Le diméthylformamide

Le diméthylformamide (DMF, classé reprotoxique catégorie 2) est un solvant, utilisé notamment dans les résines. Trente cas d'intoxication professionnelle par le DMF sont rapportés par le Centre anti-poison de Paris de 1982 à 1992 [13].

Quelques exemples cités:

► utilisation d'un diluant pour peinture contenant 98 % de DMF pendant toute une journée avec des gants en caoutchouc,

## Nombre de substances chimiques avec des valeurs limites d'exposition (VLEP) et notation « peau ».

**TABEAU I**

	Nombre de substances chimiques possédant une VLEP	Nombre de substances chimiques avec notation « peau »	
Allemagne (2000)	684	176	26 %
USA (2001)	650	192	30 %
Danemark (2000)	634	204	32 %
Pays-Bas (2001)	676	157	23 %
Pologne (2002)	414	144	35 %
Slovaquie (2002)	269	85	32 %
<b>France (2006)</b>	<b>613</b>	<b>120</b>	<b>20 %</b>

(Les données de la France ont été rajoutées pour comparaison, ce sont les valeurs au 1<sup>er</sup> avril 2006).

revue), il est mentionné une absorption cutanée pour 86 substances sur environ 107 [10]. À partir de ces 86 substances pouvant traverser la peau et des indications sur le passage cutané citées dans les fiches toxicologiques de l'INRS, environ 32 tableaux de maladies professionnelles décrivant une pathologie qui peut être

provoquée par une nuisance chimique à absorption cutanée possible ont été identifiés. Par ailleurs, des exemples de situations diverses, aux conséquences différentes selon les substances en cause, permettent d'illustrer la réalité des effets de la pénétration cutanée mais aussi la complexité de ce phénomène (encadré 3).

## milieu de travail

- fabrication de cuir artificiel : inhalation et projection de DMF sur une main,
- nettoyage de graffiti avec un décapant contenant du DMF pendant quatre heures sans gant,
- utilisation de DMF pur comme dissolvant d'une résine polyuréthane pendant deux jours.

La plupart des intoxications et les accidents les plus graves (avec atteinte hépatique, effet antabuse) font suite à un contact prolongé ou répété avec le solvant qui est bien absorbé par la peau. Ils sont rendus possibles par la méconnaissance du risque : l'étiquetage ne signale que très inconsciemment la présence du DMF dans les préparations commerciales, la toxicité du solvant n'est généralement pas connue des utilisateurs et le port de protections cutanées inadaptées est fréquent (les gants de latex naturel et de néoprène sont perméables au DMF ; ceux de polyéthylène et de caoutchouc butyl sont plus efficaces).

### Les isocyanates [14]

Les isocyanates, largement utilisés dans la production de polyuréthane, sont une cause reconnue d'asthme d'origine professionnelle.

Bello et coll. [14] ont évalué le rôle de l'exposition percutanée aux isocyanates dans le développement de l'asthme en faisant une synthèse de la littérature scientifique sur le sujet.

L'exposition par inhalation a longtemps été considérée comme la principale voie d'exposition, et donc la recherche et la prévention se sont focalisées sur celle-ci :

ces expositions ont été réduites par l'augmentation des contrôles et l'utilisation d'isocyanates moins volatiles. Toutefois l'asthme n'a pas été supprimé, même dans le cas d'exposition respiratoire faible, voire non détectable, mais où pouvait se produire une exposition percutanée. Au-delà des moyens techniques, les gants et les vêtements de protection restent le principal moyen de prévention des expositions cutanées. À noter que les gants en nitrile sont préférables aux gants en latex, mais que l'exposition est possible même avec le port d'EPI ; certains auteurs ont mis en évidence la présence d'isocyanates et de solvants en dessous des gants...

Des études sur animaux ont démontré que le contact cutané avec des isocyanates pouvait conduire à une sensibilisation et qu'ensuite une exposition par inhalation provoquait une réponse asthmatique. Selon plusieurs auteurs, l'asthme causé par les isocyanates affecte 1 à 20 % des travailleurs exposés. Cette affection présente des similitudes avec d'autres types d'allergies : elle se développe après un temps de latence (période de sensibilisation) plus ou moins long (mois voire années). Une fois sensibilisé, de très faibles niveaux d'exposition par inhalation suffisent à provoquer un asthme.

En conclusion, les auteurs estiment qu'il est nécessaire de mieux comprendre le rôle de l'exposition percutanée aux isocyanates dans le développement de l'asthme de façon à améliorer diagnostic et prévention.

Cependant il existe déjà suffisamment d'évidence et de données pour justifier la prise en compte de ce risque et la nécessité de prévenir l'exposition percutanée.



## Méthodologie d'évaluation des risques

La réglementation impose, comme pour tous les autres risques professionnels, une obligation d'évaluation du risque chimique en situation de travail. Cependant, cette évaluation est souvent éludée pour le risque percutané, du fait d'une sous-estimation du danger et/ou d'un manque de connaissance sur une éventuelle exposition.

L'évaluation du risque chimique par voie cutanée consiste à déterminer successivement le danger présenté par l'agent chimique et l'exposition à celui-ci, puis à combiner ces deux facteurs.

### OUTILS D'AIDE À L'ÉVALUATION DES RISQUES

La connaissance des propriétés dangereuses des produits chimiques utilisés en milieu de travail est nécessaire pour que les risques qu'ils entraînent soient mieux évalués et maîtrisés.

Divers outils sont à la disposition des entreprises et des préventeurs.

Ces outils ont déjà fait l'objet de plusieurs publications dans les revues de l'INRS et sont brièvement rappelés ici.

### L'étiquette

L'information sur les dangers est apportée en premier lieu par l'étiquetage des substances et préparations.

Sur les quinze catégories définies dans le Code du travail, sept mentionnent très toxique, toxique, nocive, sensibilisante, cancérigène, mutagène, toxique pour la reproduction.

À chaque catégorie de danger sont associées des phrases de risque pouvant indiquer la voie de pénétration. Mais seulement quelques-unes sont directement liées à une exposition par voie cutanée, ce sont les phrases de risque suivantes :

- « R21 : Nocif **par contact avec la peau** »
- « R24 : Toxique **par contact avec la peau** »
- « R27 : Très toxique **par contact avec la peau** »
- « R43 : Peut entraîner une sensibilisation **par contact avec la peau** »

Au niveau des phrases de risque, la mention est toujours « par contact avec la peau », sans préciser si le produit chimique passe ou non à travers la peau...

### La fiche de données de sécurité (FDS)

La FDS fournit des informations complémentaires concernant les dangers pour la santé et l'environnement, liés à l'utilisation du produit, ainsi que des indications sur les moyens de protection et les mesures à prendre en cas d'urgence.

Les voies de contamination ne sont pas toujours précisées sur les FDS. Une substance dangereuse *peut ne pas être signalée* si elle entre dans la composition d'une préparation à moins de 0,1 % ou 1 % selon sa catégorie de danger ou 0,02 %, 0,2 % et 0,1 % pour les préparations gazeuses. Par exemple, une substance CMR catégorie 3 pourrait entrer dans la composition d'une préparation à 0,90 % sans que cela figure dans la FDS [15].

### Les fiches toxicologiques

Les fiches toxicologiques de l'Institut national de recherche et de sécurité constituent une synthèse des informations disponibles concernant les dangers liés à une substance ou à un groupe de substances. Elles peuvent être consultées et téléchargées sur le site Web de l'INRS : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

### La liste des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)

Les listes de VLEP mentionnent par « peau » la possibilité d'une pénétration cutanée importante. Cette mention est apparue pour la première fois dans la circulaire du 1<sup>er</sup> décembre 1983 publiant une quinzaine de VLEP indicatives, sous la forme « risque de pénétration cutanée » : deux substances sont alors concernées, l'aniline et le phénol.

Le document INRS ED 984 [16] regroupe les différents agents chimiques pour lesquels le ministère chargé du Travail a publié des VLEP (indicatives ou contraignantes).

Dans la colonne observation est indiqué par « risque de pénétration percutanée ». Cette note documentaire cite le risque de pénétration percutanée pour 120 substances sur environ 613 (20 %).

Les informations données par cette liste peuvent être complétées avec les informations synthétisées par l'INRS dans un nouveau document « *Indices biologiques d'exposition* » [17]. Ce dernier, sur le principe des listes de substances avec VLEP, donne la liste des substances avec des indices biologiques d'exposition proposés par les hygiénistes américains et allemands, et indique, le cas échéant, le passage à travers la peau par un symbole visuel (une main) ; soit 60 substances sur 93 (65 %).

## Le guide BIOTOX

Le guide BIOTOX [10] inventorie les dosages biologiques disponibles et les laboratoires d'analyses effectuant ces dosages pour environ 107 substances. Des informations sur les voies de pénétration sont indiquées à la rubrique « toxicocinétique - métabolisme ».

## Les sites Internet<sup>(3)</sup>

De nombreux sites Internet permettent de trouver des informations complémentaires et en particulier les fiches internationales de sécurité de l'International Programme on Chemical Safety (OMS), élaborées par différentes institutions nationales d'Europe (INRS pour la France), d'Amérique du Nord et d'Asie. L'adresse internet correspondante est « <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/french.html> ». Les fiches internationales de sécurité comportent une rubrique « PEAU » et une rubrique « les voies d'exposition ».

## Les autres sources d'information<sup>(3)</sup>

Des informations sur les risques peuvent aussi provenir de divers documents (INRS, littérature scientifique...) ou de l'expérience (maladie, accident...). Il est indispensable d'interroger le médecin du travail.

La démarche d'une des entreprises visitées lors de cette étude (ateliers d'une salle de spectacles) est très intéressante sur le plan de la connaissance des produits chimiques utilisés. Suite à un inventaire complet de ses produits chimiques, elle a établi une liste de 866 produits chimiques et constaté que **seulement 20 % des FDS étaient en sa possession**.

Ce travail, accompagné de la collecte des FDS auprès des fournisseurs, a duré 11 mois. Dans un second temps, elle a cherché à identifier toutes les substances présentes dans les produits chimiques de façon à les classer et à repérer les produits contenant des CMR et/ou éther de glycol, soit 112 produits (4 mois). L'ensemble des informations recueillies, y compris la voie de pénétration, a été capitalisé sous forme d'un fichier partagé servant de base à l'évaluation des risques qui a suivi.

En résumé les principaux problèmes rencontrés dans l'identification du danger, étape indispensable, sont :

- un étiquetage qui gagnerait à être plus précis sur le risque percutané, indiquant, au mieux, un risque par « contact avec la peau »,
- une lecture difficile de la FDS qui est souvent peu précise sur le risque percutané,
- une substance dangereuse peut ne pas être si-

gnalée en cas de pourcentage d'incorporation faible dans la préparation,

- d'autres sources d'information sont souvent très précises sur le risque percutané (liste VLEP, fiches toxicologiques, guide BIOTOX...) mais ne concernent qu'un nombre limité de substances.

## ANALYSE DES EXPOSITIONS

L'analyse détaillée du travail réel des opérateurs, complétée par des entretiens avec eux, permet de repérer les modes opératoires et leurs variations possibles, les postures, les zones de contact avec les produits, les outils... Cette analyse fournit également l'occasion de faire un état actualisé des agents chimiques utilisés, des équipements mis en œuvre et des moyens de prévention en place, collectifs et individuels, et de préciser leur utilisation réelle.

## Méthode Riskofderm

Riskofderm (Risk Assessment for Occupational Dermal Exposure to Chemicals) est une étude européenne sur la contamination cutanée d'origine professionnelle (2001-2004) [9, 18, 19]. Cette étude de grande ampleur a impliqué les institutions ou universités travaillant en santé au travail de 9 pays (Pays-Bas, Angleterre, Espagne, Suède, Allemagne, France, Italie, Portugal et Finlande).

Elle a permis au total de disposer de 1000 observations de postes effectuées à travers l'Europe par des préventeurs préalablement formés, sur la base d'un questionnaire harmonisé. Son objectif était de mettre au point un outil d'évaluation et de prévention du risque d'exposition cutanée. À partir d'enquêtes en entreprise, destinées à recueillir des données concernant l'activité (orientée vers la contamination cutanée) et les produits manipulés (description de la situation de travail par tâche : gestes, environnement, nature/quantité/fréquence des produits utilisés...), toutes les données centralisées ont servi à modéliser l'exposition cutanée et à réaliser un outil pour aider à l'évaluation de ce risque (cf. infra).

## Exemple pratique d'observation des postes

Une analyse des expositions, lors de l'évaluation du risque chimique lié à l'application d'une résine époxydique contenant une amine aromatique classée cancérigène catégorie 2 : la 4,4'-méthylènedianiline ou MDA, a été faite dans le cadre d'une étude CRAMIF

<sup>(3)</sup> Voir également l'article paru dans le DMT n°109 sur les procédures de recherche en toxicologie.

détaillée sur les chantiers de château d'eau [20]. Cette étude, avec la coopération des entreprises concernées et de leurs médecins du travail, a comporté une analyse détaillée de l'activité: observation de toutes les phases de travail (préparation du mélange, alimentation de la pompe, application au pistolet, au rouleau, nettoyage de la machine à projeter) permettant une description des tâches, de la fréquence et de la durée d'exposition, des dysfonctionnements, des moyens de prévention collective et des protections individuelles.

**L'observation des postes de travail et des pratiques réelles sur le terrain est fondamentale dans l'évaluation des risques, et ceci est d'autant plus important pour le risque cutané car aucune description n'est faite dans la fiche de poste ou autre document écrit, et l'observation est le seul moyen de prendre connaissance des possibilités de contamination parfois inattendues.**

#### ÉVALUATION DES RISQUES

Différentes méthodes d'évaluation du risque chimique sont actuellement disponibles; elles ont été développées par les organismes de prévention, les syndicats professionnels, les cabinets spécialisés, les entreprises mais il n'existe pas de méthode standardisée, seulement des lignes directrices.

L'objectif principal de ces méthodes est d'évaluer le niveau des risques chimiques dans l'établissement afin de permettre aux employeurs de prendre les mesures de prévention qui s'avèrent adaptées [21]. On distingue les méthodes d'évaluation qualitative et les méthodes d'évaluation quantitative; l'analyse qualitative du risque pouvant être complétée par une analyse quantitative.

- Les méthodes **qualitatives ou simplifiées** permettent de hiérarchiser les risques et de définir des priorités. Elles sont fondées sur des cotations du danger et des facteurs d'exposition, les résultats sont estimés en « indice de danger » et « indice de risque ».

- Les évaluations **quantitatives** (métrologie et biométrologie principalement) visent une évaluation chiffrée de l'exposition réelle. Le plus souvent, elles sont basées sur une interprétation des résultats de prélèvements atmosphériques (métrologie) qui ne prennent en compte que la voie de pénétration respiratoire en excluant les risques liés au contact cutané et à l'ingestion, pourtant susceptibles d'être importants, d'où la nécessité de les compléter, lorsque c'est possible, avec des examens spécifiques de biométrologie pour prendre en compte les autres voies de pénétration.

Les principales méthodes permettant l'évaluation

qualitative et quantitative du risque chimique par voie percutanée en particulier sont exposées ci-dessous.

#### Les méthodes d'évaluation qualitative

Les méthodes d'évaluation du risque par contact cutané sont généralement basées sur la connaissance des dangers des produits (phrases de risque) et un certain nombre de paramètres relevant de l'observation du poste de travail. Le risque est évalué en combinant le niveau de danger des agents chimiques présents avec l'importance et les paramètres de l'exposition (durée, fréquence, intensité...).

La méthode simplifiée selon l'INRS et la CNAMTS [21, 22] permet d'évaluer le risque provenant de la manipulation directe d'un produit en relation avec une exposition cutanée.

Les paramètres nécessaires à cette évaluation sont:

- la classe de danger du produit (1 à 5) déterminée à partir des phrases de risque; à chaque classe est affecté un score de danger (1 à 10 000);
- la surface du corps exposée (une ou deux mains, autre partie du corps...) pour l'attribution d'un score de surface;
- la fréquence d'exposition pour l'attribution d'un score de fréquence.

Le score de risque cutané peut alors être calculé. Il est égal à:

$$\text{score danger} \times \text{score surface} \times \text{score fréquence}$$

Le résultat permet de qualifier le risque à partir d'une grille de caractérisation du risque par contact cutané. L'Union des industries chimiques (UIC) propose une méthode suivant ce même principe [23].

Riskofderm (cf. paragraphe précédent) est un outil pour évaluer et maîtriser le risque d'exposition percutanée [4, 18]. La version finale de l'outil a été informatisée: il est disponible à l'adresse [www.eurofins.com/research-development/occupational\\_hygiene/riskof-derm.asp](http://www.eurofins.com/research-development/occupational_hygiene/riskof-derm.asp)

Pour le moment, Riskofderm n'est pas diffusé en France mais à l'avenir les préventeurs devraient disposer d'un outil d'évaluation du risque plus global qui inclura de façon précise la voie percutanée.

#### Les méthodes d'évaluation quantitative

L'absorption cutanée est difficile à détecter et les effets sur la santé ne sont pas visibles immédiatement, ce qui peut expliquer la sous-estimation de l'effet systémique de l'absorption cutanée. De plus, il n'existe pas de méthodes de référence pour l'évaluation quantitative de l'exposition percutanée. Les principales mé-



thodes quantitatives exposées ci-dessous ont été développées par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) sous forme de lignes directrices. Elles décrivent les méthodes et approches harmonisées au niveau international pour l'évaluation quantitative de l'exposition aux pesticides lors de l'application en agriculture [24]. Il doit être précisé que l'essentiel des méthodes disponibles décrit la contamination cutanée et non pas la quantité de substance qui passe à travers la peau, à l'exception de la biométrie mais cette méthode intègre toutes les voies d'exposition et la pénétration du produit.

### Frottis de surface

Le niveau de contamination est évalué en réalisant un frottis de surface à l'aide d'une chiffonnette qui essuie une surface délimitée [25]. L'agent chimique recherché est ensuite extrait du support et dosé par la technique analytique appropriée. La réalisation de ce type de contrôle répond à un double objectif. En premier lieu, un objectif de propreté nécessaire au contrôle qualité pour valider, par exemple, le nettoyage entre deux types de production ou en fin de poste. En second lieu, un objectif de contrôle des moyens de prévention mis en œuvre :

- contrôle de l'étanchéité des EPI par exemple lorsqu'on effectue des frottis au niveau des mains, du tronc, du visage, juste après le port des gants, combinaison et protection respiratoire ;
- contrôle de toute surface à proximité d'un dispositif de protection collective et de tout poste de travail ;
- contrôle de la décontamination complète dans un sas de sortie d'une zone confinée, pour vérifier que le risque ne peut pas être « exporté » dans les couloirs, les vestiaires...

La méthode des frottis de surface est peu coûteuse, rapide et simple à mettre en œuvre sous réserve qu'une méthode d'analyse du produit recherché existe. Elle s'avère particulièrement efficace pour réaliser un suivi de la contamination (ou de la décontamination) dans le temps. Elle permet de localiser des sources secondaires d'exposition cutanée et contribue indirectement à l'évaluation de cette exposition.

C'est un outil de prévention complémentaire des prélèvements atmosphériques et des prélèvements biologiques, très didactique mais dont l'interprétation en terme d'évaluation de l'exposition est difficile en raison de l'absence de valeurs limites de référence dans la majorité des cas.

### La biométrie (ou surveillance biologique)

Il est possible, pour certaines substances, de doser dans le sang ou dans les urines la quantité absorbée par le corps au cours du travail (substance ou métabolite). La biométrie vient en complément des dosages

atmosphériques et/ou surfaciques des toxiques. Des limites viennent freiner son utilisation :

- il faut s'assurer de l'existence d'un indicateur, choisir l'indicateur biologique d'exposition le plus approprié (la substance elle-même ou un métabolite actif) ;
- les procédures de prélèvement, de transport et de dosage sont souvent contraignantes ;
- les valeurs limites de référence existent sous forme de recommandations ou réglementations aux États-Unis et en Allemagne, et depuis 1993 en France (liste de recommandations mise à jour en 1997 et une seule valeur réglementaire, pour le plomb). Elles sont encore peu nombreuses notamment pour les substances cancérogènes ou suspectées de l'être.

Cette méthode présente l'intérêt majeur de pouvoir intégrer simultanément les expositions par inhalation, par ingestion et par voie cutanée et l'efficacité des équipements de protection individuelle et collective. C'est la méthode privilégiée d'évaluation des expositions systémiques [25]. Elle ne donne cependant pas d'indication sur les modes de contamination.

### La dosimétrie « tissus » (Patch/gants)

Ces techniques utilisent une pseudo-peau. Le potentiel d'exposition est évalué par l'analyse des résidus de produit chimique laissés sur des pièces ou vêtements portés par les opérateurs.

La technique des « patches » adhésifs : des patches de petite surface sont disposés sur la peau à différents endroits du corps, présentant sur leur face externe un média de collecte du contaminant qui sera ensuite analysé [26].

La technique des sous-gants coton : pendant la durée du poste, l'opérateur porte des gants en coton fin par-dessus lesquels il peut enfiler, au besoin, ses gants de travail usuels. En fin de poste, les sous-gants en coton sont récupérés. L'agent chimique est extrait puis dosé. Cette méthode peut être réalisée, soit pour mesurer l'exposition cutanée, soit pour évaluer l'efficacité des gants de protection. Les résultats de ces prélèvements reflètent le potentiel d'exposition percutané des mains qui sont, par expérience, la surface d'exposition prédominante.

La technique des sous-vêtements ou des vêtements est basée sur le même principe.

La dosimétrie « tissus » est la méthode privilégiée d'évaluation de l'exposition cutanée potentielle. Elle fournit des indications sur les surfaces exposées et sur la répartition entre les différentes surfaces contaminées (mains, tronc et jambes, par exemple).

### Étude du corps entier (technique de fluorescence)

Cette technique utilise un traceur fluorescent dispersé dans le produit contaminant. En fin de tâche,

l'opérateur est placé dans une chambre noire sous un éclairage UV qui révèle les zones de contamination. L'intensité de cette contamination peut être quantifiée par une observation photographique ou vidéo systématique. Elle est principalement utilisée pour le contrôle de la contamination lors de l'application de produits phytosanitaires [26].

## Les exemples d'application

### Béryllium

Le laboratoire de toxicologie industrielle de la CRA-MIF a évalué l'exposition des opérateurs qui effectuent des travaux de rognage sur des tubes en cuivre-béryllium. Il a été pratiqué des prélèvements atmosphériques et surfaciques. Les prélèvements d'atmosphère montrent une concentration en poussière extrêmement faible. En revanche, les prélèvements surfaciques mettent en évidence la présence de béryllium sur les différentes surfaces testées (notamment sur le bureau) et sur les mains de l'opératrice. Dans une première entreprise, des concentrations de 0,45 µg/100 cm<sup>2</sup> ont été retrouvées sur le bureau et de 4 µg sur les mains en fin de poste. Dans une autre entreprise d'usinage du béryllium, il a été observé jusqu'à 42 µg sur une main non lavée. La référence du laboratoire pour des mains propres est inférieure à 0,01 µg.

Pour les poussières de béryllium déposées sur des surfaces, les toxicologues du département à l'énergie américain [27] proposent une valeur limite de 0,2 µg/100 cm<sup>2</sup>. Cela a permis de quantifier le risque et de proposer un certain nombre d'actions de prévention (éliminer les rognures au fur et à mesure pour ne pas obstruer la grille d'aspiration sur la rogneuse, nettoyage régulier des sols et autres surfaces, port de gants...).

### Résine MDA (Étude CRAMIF sur les chantiers de château d'eau) [20]

L'évaluation de l'exposition a été réalisée par prélèvements atmosphériques, biométrie urinaire et frottis de surface (mains, visage et table du réfectoire) lors de l'application de résines époxydiques dont le durcisseur contient environ 30 % de MDA.

Les résultats ont mis en évidence des concentrations de MDA dans l'atmosphère le plus souvent faibles (MDA est très peu volatil). En revanche, les prélèvements urinaires indiquent des valeurs de 1 à 36 fois la valeur guide française de 50 ng/L pour les opérateurs sur les chantiers de château d'eau. Les frottis de surface ont confirmé la dispersion de la pollution par les vêtements ou les mains souillées jusque dans les locaux sanitaires. Cette étude confirme la voie prépondérante d'absorption de la MDA par voie cutanée. Elle a permis l'élaboration d'un protocole d'utilisation où les me-

sures de protection individuelle et de décontamination sont très strictes du fait de la forte contamination cutanée et de la dispersion de la pollution.

En parallèle de ces actions de prévention, les formulateurs ont mis au point des substances de substitution non classées cancérogènes, désormais disponibles sur le marché.

Les méthodes d'évaluation quantitative sont complémentaires des méthodes d'évaluation qualitative. Elles fournissent des estimations de l'absorption cutanée potentielle et génèrent des résultats parfois difficiles à interpréter, étant donné le manque de valeurs limites cutanées de référence. En effet, aucune valeur limite dermique d'exposition professionnelle (« DOEL ») n'est définie en France, ni même en Europe.

Deux valeurs limites d'exposition dermiques professionnelles (cyclophosphamide et MDA) [3] ont été proposées aux Pays-Bas. Certains pays discutent actuellement l'établissement de telles valeurs mais une absence de standardisation dans les méthodes utilisées et de nombreuses données scientifiques manquantes (flux de perméabilité...) concourent à rendre difficile leur définition. Toutefois ces méthodes sont des outils précieux d'aide à l'évaluation du risque pour le ciblage des sources de contamination et de la dispersion de la pollution, le développement de mesures de prévention efficaces, le contrôle des opérations de nettoyage individuel ou collectif... et ont un aspect didactique essentiel.

## Moyens de prévention

La méthode de prévention n'est pas spécifique au risque de pénétration cutanée, elle s'appuie sur les principes généraux de prévention à savoir notamment l'élimination du risque à la source, par la suppression ou substitution lorsque celle-ci est techniquement possible. La suppression ou la substitution n'est pas toujours aisée mais il existe des exemples :

- utilisation d'une autre technique : dans une entreprise de biotechnologie, remplacement de l'électrophorèse nécessitant l'utilisation de gel à base d'acrylamide (substance à forte pénétration cutanée, cancérogène catégorie 2) par la spectrométrie de masse dans le procédé de purification de l'ADN ;
- utilisation d'un autre procédé : utilisation de kit prêt à l'emploi pour éviter le contact cutané lors de la préparation des gels d'acrylamide ;
- utilisation d'un autre produit : cas des résines à base de MDA sur les chantiers de château d'eau.

L'amélioration des mesures collectives techniques et

organisationnelles permet de réduire le risque de contact cutané. Les protections collectives classiques (ventilation, captage à la source...) peuvent contribuer à la prévention du risque cutané en diminuant les aérosols et les vapeurs sur la peau et les surfaces de travail, mais ne sont pas suffisantes. Il convient d'insister sur les mesures organisationnelles qui peuvent éviter l'essentiel de la contamination cutanée dans le cas de substances non volatiles et non dispersables dans l'atmosphère. Il s'agira, par exemple, de choisir les procédures et les modes opératoires qui permettent de diminuer la quantité de produit utilisé, de diminuer la durée de contact et d'organiser un nettoyage régulier des postes de travail.

Une protection individuelle adaptée reste une mesure complémentaire le plus souvent indispensable, avec toute la difficulté liée au choix des EPI efficaces (gants, vêtements) [28 à 30].

L'arrêté du 9 novembre 2004, fixant les modalités d'élaboration et de transmission des fiches de données de sécurité, oblige désormais les fabricants à faire figurer, sur la fiche de données de sécurité, la nature du gant de protection à porter (type de matière et délai de rupture de la matière constitutive, compte tenu du niveau et de la durée du contact avec la peau), le type et la qualité de l'équipement de protection requis (tablier, bottes, vêtement).

Quelle que soit la solution technique choisie, celle-ci n'assure pas automatiquement une protection absolue de l'opérateur. Elle doit être associée à la formation des opérateurs. Une formation type peut porter notamment sur :

- la compréhension de l'étiquetage, en insistant sur l'aspect pénétration cutanée par des exemples ;
- l'explication claire des mesures spécifiques collectives (techniques, organisationnelles) ou individuelles que l'entreprise a mises en place pour limiter ce risque ;
- les méthodes de nettoyage du poste de travail (aspect didactique des frottis de surface) ;
- les règles à suivre en cas de dispersion accidentelle (source importante d'exposition) ;
- les bonnes pratiques d'utilisation, d'entretien et de rangement des EPI.

Une première étude très démonstrative [31] peut être citée. Son objectif était de rechercher la présence de médicaments cytotoxiques sur les gants et les mains du personnel infirmier avant et après une formation à la reconstitution des cytotoxiques. Après la formation, les quantités détectées ont diminué en moyenne d'un facteur 6,5 sur les gants et d'un facteur 7 pour les mains.

Cette étude révèle l'importance de la formation des personnels manipulant les cytotoxiques et, de façon générale, les produits chimiques. Une seconde étude sur la contamination intérieure des gants lors de la mani-

pulation de N-Méthyl-2-pyrrolidone [32] met en évidence que, sans formation sur « comment ôter et remettre des gants correctement », 9 personnes sur 10 ont les mains contaminées à l'intérieur des gants, alors qu'avec une formation, on n'observe plus qu'une personne sur 10 dans ce cas. L'information et la formation renouvelées du personnel sont donc primordiales dans la prévention du risque chimique percutané : elles conditionnent l'acceptation de la contrainte que peut représenter le port d'EPI.

## Résultats des enquêtes

La deuxième partie de cette étude a consisté en des visites d'entreprises complétées par deux enquêtes auprès de services de santé au travail et auprès de laboratoires de toxicologie

### LES VISITES D'ENTREPRISES

Dans le cadre de cette étude, une quinzaine d'établissements de toutes tailles et d'activités diverses ont été visités.

Des entretiens avec les responsables et les salariés ainsi que l'observation des postes de travail ont permis d'appréhender la problématique du passage cutané des produits chimiques. L'objectif était de voir quelle était la connaissance des dangers des produits chimiques par les utilisateurs et quelle était la prise en compte de l'exposition percutanée dans la pratique.

Il ressort de l'observation sur le terrain les constats suivants.

- La difficulté du repérage des dangers et de trouver les informations sur les produits utilisés :

→ l'étiquette n'est pas toujours conforme. Des produits en provenance d'un pays hors communauté européenne sont sans pictogramme, avec un re-étiquetage différent... L'étiquette est peu lue, souvent incomprise ou mal interprétée (et parfois inexistante, exemple dans le cas de reconditionnement de produit...),

→ les FDS sont généralement des versions anciennes,

→ les FDS sont peu lisibles. Elles n'indiquent pas toujours le danger de pénétration cutanée : un produit peut contenir une substance à pénétration cutanée prépondérante sans qu'aucune mention ne figure sur la FDS,

→ en général, en dehors de l'étiquette et éventuellement la FDS, les utilisateurs ne consultent pas d'autres sources d'information.

● L'existence d'une réelle exposition des salariés au risque de pénétration cutanée.

L'exposition aux produits se fait rarement par contact cutané direct (à l'exception des avant-bras fréquemment non protégés) mais plus souvent via les EPI ou le matériel qui sont sources de contamination parce qu'ils sont souillés et par le comportement des opérateurs. La zone de contact peut être inattendue, lors d'une contamination manportée (exemple: atteinte de la joue ou du nez car le salarié y porte souvent la main) ou par contact à travers les vêtements.

Une étude sur la contamination intérieure des gants [32] révèle que porter des gants peut causer une exposition plus importante que de ne pas en porter. En effet, la contamination intérieure des gants est courante et crée alors un contact intime de la peau avec le produit. L'occlusion due aux gants permet une augmentation de la température et de l'hydratation de la peau facilitant le passage cutané.

Les résultats montrent que la contamination interne des gants est réelle, et qu'une formation à l'utilisation des gants est un excellent moyen de réduction de la contamination des mains. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de gants réutilisés. Dans une autre étude [33] : un total de 190 mesures de contamination par des composants non volatiles de pesticides a été réalisé à l'intérieur des gants. Les gants étaient presque toujours trouvés contaminés à l'intérieur, excepté pour l'utilisation d'insecticides dans l'hygiène publique. Dans ce cas, les gants utilisés étaient généralement à usage unique alors que dans les autres applications, ils étaient normalement réutilisés (ôter et remettre les gants souillés est source de contamination intérieure). Ainsi les auteurs préconisent de remplacer régulièrement les gants pour réduire une telle exposition.

L'évaluation des risques concernant la pénétration cutanée est quasi inexistante dans les entreprises visitées, et quand le contact avec la peau est pris en compte, c'est par rapport aux effets locaux (brûlure, corrosion, irritation). Dans la plupart des cas, seule la voie respiratoire est prise en compte.

Les mesures de prévention citées sur le terrain sont systématiquement le port des EPI ; c'est une réponse spontanée de la part des personnes interrogées. Cependant le bon gant, au bon poste, au bon moment est rarement utilisé.

Des guides pour le choix des EPI [29, 30] sont une aide à la recherche du « bon gant », c'est-à-dire alliant efficacité par rapport au produit et confort par rapport à la tâche. Par ailleurs, un gant est adapté à un produit chimique dans des conditions d'utilisation définies, et en cas de mélanges de produits, par exemple, la protection individuelle qui convenait pour l'un ou l'autre des constituants utilisés séparément peut très bien ne plus se révéler satisfaisante.

La multiplicité des produits utilisés (solvants, huiles, résines, détergents...) nécessite des moyens de protection différents augmentant la difficulté du choix des EPI. Il est donc important de souligner la nécessité de règles précises sur l'utilisation des protections individuelles et d'une formation au port des EPI (attention au retrait et remise des gants successivement, source de contamination des mains, entretien des EPI...) [34].

La formation et l'information du personnel sur les dangers sont citées dans de nombreux cas, mais ne sont pas toujours étendues au personnel temporaire.

La réduction du risque percutané par des mesures collectives reste exceptionnelle: au cours des visites d'entreprises, peut être retenu le choix d'une d'entre elles (fabrication d'encres de sérigraphie) d'automatiser le nettoyage des fûts, limitant ainsi le contact de l'opérateur avec les produits.

**L'observation sur le terrain, pour les entreprises étudiées, permet de confirmer une méconnaissance du risque de pénétration cutanée des produits utilisés. La protection vis-à-vis des produits chimiques existe dès lors que le dommage est ressenti immédiatement par l'opérateur (par exemple pour les produits irritants ou corrosifs); mais dans le cas d'une pénétration cutanée sans effet en surface, il apparaît plus difficile de prendre en compte ce risque, l'effet étant décalé dans le temps, non perceptible et non visible au moment du contact. L'opérateur pense se protéger contre le risque percutané par le port des EPI, et notamment des gants, mais cette étude met en évidence une problématique récurrente vis-à-vis des EPI, pouvant se résumer en trois points :**

- des EPI inadaptés aux produits manipulés, et par conséquent une surexposition des salariés fausement protégés,
- des EPI souillés pouvant accentuer la contamination du salarié (macération dans les gants...),
- une contamination, via les EPI souillés, de l'environnement en contact avec des personnes sans protection (rampe d'escalier, poignée...).

Selon les principes généraux de prévention, les EPI doivent constituer le dernier moyen technique de protection. Toutefois, dans le cas du risque chimique percutané, ils restent indispensables, étant donné qu'il est difficile de supprimer totalement le risque, et que les mesures de protection collectives ne sont pas toujours suffisantes. Il est donc nécessaire d'améliorer le choix et l'utilisation des EPI vis-à-vis du risque percutané (adaptation, renouvellement, comportement...), ce qui peut, dans bien des cas, représenter une part non négligeable dans la réduction du risque percutané.

## LES ENQUÊTES PAR QUESTIONNAIRE ET ENTRETIENS

Les pratiques de terrain ont été étudiées par deux enquêtes : une auprès des services de santé au travail et un autre auprès de laboratoires réalisant des frottis de surface. Ces enquêtes devaient permettre de connaître notamment les pratiques analytiques utilisées pour l'évaluation du risque percutané.

### Enquête régionale auprès des services de santé au travail

Une enquête a été effectuée auprès de 41 services de santé au travail interentreprises d'Ile-de-France. Dix-sept d'entre eux ont répondu, correspondant à 41 médecins. L'objectif était de faire un point de leurs pratiques professionnelles pour la prise en compte de l'évaluation du risque percutané (tableau II et figure 1).

Quarante et un médecins du travail dans 17 services différents, déclarent avoir peu ou pas de demandes d'évaluation du risque percutané. Cinq médecins ont été sollicités par les entreprises pour évaluer le risque d'absorption cutanée. Les méthodes d'évaluation sont peu connues et il ressort des données de l'enquête un manque de méthodes de référence, à l'exception de la biométrie, la difficulté de trouver un laboratoire mais également le manque d'exemples documentés. Dans tous les cas, une information sur les méthodes d'évaluation existantes semble nécessaire, et il pourrait être envisagé l'élaboration d'un guide des méthodes d'évaluation du risque percutané, indiquant la méthode, les substances concernées, les laboratoires pratiquant les analyses.

### Enquête auprès de laboratoires réalisant des frottis de surface

Les prélèvements surfaciques ou frottis permettent de localiser des sources d'exposition cutanée et contribuent indirectement à l'évaluation de l'exposition par voie cutanée. Une méthode officielle existe pour le plomb. Une enquête, effectuée auprès des 8 laboratoires des CRAM et d'un laboratoire de toxicologie, a permis de faire un point notamment sur les pratiques de frottis mises en œuvre en laboratoire. Globalement, ils sont très peu sollicités par les entreprises pour évaluer le risque d'absorption cutanée. En général, la méthode des frottis est appliquée pour le plomb et le béryllium. Mais certains laboratoires ont pu la pratiquer pour l'acrylamide, les pesticides organophosphorés, la 4,4'-méthylène-bis-(2-chloroaniline) [MOCA], le diglycyl éther du bisphénol A (DGEBA).

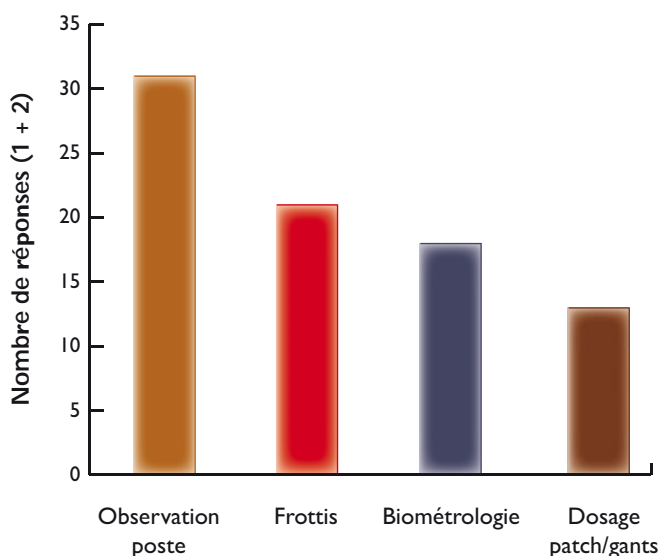


Fig. 1 : Méthodes déclarées les plus facilement utilisables.

#### Synthèse des réponses.

Méthode que vous pourriez utiliser le plus facilement par ordre (du plus facile (1) au moins facile (4) ou pas du tout (0))	Observation de poste	Biométrie	Frottis	Dosage patch/gants
1	23	13	6	3
2	8	5	15	10
3	2	9	6	10
4	3	7	4	5
0	1	4	5	7
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>35</b>
Sans avis	4	3	5	6

#### TABLEAU II





Le laboratoire privé interrogé a récemment réalisé l'analyse de prélèvements surfaciques effectués par une entreprise sur plusieurs sites pour mesurer l'exposition à la MDA, avec deux objectifs :

- vérifier que le matériel utilisé est bien décontaminé avant son transfert d'un site à un autre site ;
- si un résultat d'analyse d'urine est positif chez un salarié, des frottis surfaciques sont pratiqués pour trouver la source de contamination.

Ces démarches ont permis une amélioration du plan de prévention et des conditions de décontamination du matériel, ainsi qu'une sensibilisation au changement plus fréquent de gants et de vêtements (frottis sur jambe et main). L'utilité des prélèvements surfaciques est certaine, mais il apparaît nécessaire d'uniformiser les pratiques et de fixer des valeurs de référence permettant de définir des mesures de prévention adaptées à conseiller aux entreprises.

## Conclusion

Lors de cette étude, l'ensemble des contacts et des entretiens avec les professionnels, salariés, préventeurs, chercheurs, médecins, permet de conclure que la contamination par passage à travers la peau est un risque sous-évalué par les préventeurs, quels qu'ils soient, et par les entreprises. L'exposition percutanée ne fait, bien souvent, l'objet d'aucune évaluation, alors que la pénétration cutanée concerne de nombreuses substances chimiques, et même celles sans mention « peau » ne sont pas sans danger. Cette sous-évaluation peut s'expliquer par :

- la méconnaissance du risque percutané en milieu de travail : le danger est difficile à identifier et le risque est difficilement palpable, les dommages occasionnés pouvant mettre des années à se manifester ;
- la difficulté à mettre en œuvre des méthodes de mesure, ainsi que l'absence de valeurs de référence (analogues aux valeurs limites d'exposition atmosphérique).

Ce constat, sous-évaluation du risque percutané de la part des préventeurs et très forte méconnaissance de la part des utilisateurs, met en évidence la nécessité de développer dans le futur :

- l'identification des substances pouvant passer à travers la peau ;
- des méthodes simples et validées pour faire des évaluations qualitatives et quantitatives de l'exposition percutanée ;
- la détermination de valeurs limites dermiques d'exposition professionnelle (DOEL).

Le projet européen Riskofderm (2000-2004) a déjà permis de mieux identifier le danger et le risque et, ainsi, de poser la question de son évaluation. Il fournit les premiers outils de prévention, nécessitant une observation précise des postes de travail. Cependant l'outil informatique créé (qui n'est pas encore diffusé en France) semble d'application difficile en PME.

Quoi qu'il en soit, l'évaluation percutanée en milieu professionnel suscite un intérêt croissant. Le sujet est de plus en plus abordé dans des publications, et, la réglementation commence à préciser, lors de l'établissement des valeurs limites d'exposition atmosphérique professionnelle, la mention « peau ».

La prise en compte de l'absorption cutanée est une préoccupation d'autant plus actuelle que la substitution des produits, dans le but de réduire le risque d'inhalation, s'oriente vers des produits peu volatils et par conséquent accroît le temps de contact avec la peau. Par ailleurs, la diminution des valeurs limites de l'exposition dans l'air fait que l'importance relative de l'absorption par la peau augmente (exemple du benzène, [35]), de sorte que l'absorption par la peau est devenue tout aussi importante - sinon plus dans certaines conditions de travail - que l'assimilation par les voies respiratoires.

L'exposition percutanée devrait faire l'objet d'une attention particulière à l'avenir car des situations d'exposition nouvelles sont probables, dans le cas, par exemple, de l'essor des nanotechnologies, utilisant ou formant des particules ultrafines [36].

Il faudrait développer largement la connaissance du risque percutané vers les préventeurs et les entreprises.

Les actions prioritaires à proposer sur le terrain sont :

- la création d'une phrase de risque spécifique « passage à travers la peau possible », pour permettre l'identification du danger sur l'étiquette ;
- l'établissement d'une liste des substances pouvant passer à travers la peau ;
- la formation des préventeurs, vecteurs de la sensibilisation des entreprises et des médecins du travail ;
- l'élaboration d'un outil simple d'estimation de ce risque ;
- l'information des salariés et des employeurs par le biais d'affiches et de dépliants, et aussi par des actions de communication spécifiques associant les fabricants de gants par exemple.

Des partenariats avec les services de santé au travail rendront plus efficaces ces actions. Enfin, des travaux pour développer des méthodes d'évaluation standardisées et des valeurs de référence apparaissent indispensables. Le développement des méthodes d'évaluation quantitative du risque percutané devra initialiser la détermination de valeurs limites d'exposition cutanée.

## Points à retenir

L'exposition percutanée aux produits chimiques est une réalité. Elle peut être à l'origine d'effets systémiques et toucher tous les organes. Elle est sous-évaluée par les préventeurs et souvent méconnue par les entreprises et les utilisateurs.

Il existe différents outils qui peuvent aider à l'évaluation des risques : étiquetage, fiche de données de sécurité, guide BIOTOX...

Les méthodes d'analyse des expositions déclarées comme étant les plus facilement utilisables sont : l'observation des postes, les frottis, la biométrie, les dosages par patch...

Outre la substitution ou la suppression, la prévention repose sur des mesures collectives (ventilation, captage à la source...) et individuelles (équipements de protection individuelle : gants...), la formation et l'information.

Ce mode d'exposition mérite un approfondissement des connaissances car ses conséquences sont relativement peu connues.

## Bibliographie

- [1] WOLFE HR, DURHAM WF, ARMSTRONG JF – Exposure of workers to pesticides. *Arch Environ Health*. 1967 ; 14 (4) : 622-33.
- [2] Circulaire DRT n°12 du 24 mai 2006 relative aux règles générales de prévention du risque chimique et aux règles particulières à prendre contre les risques d'exposition aux agents cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction. Paris : Ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement, Direction des relations du travail, Sous-direction des conditions de travail et de la protection contre les risques du travail, bureau CT2 : 2006 : 58 p.
- [3] LIMASSET JC – Prévention de la contamination cutanée. In : Pairon JC, Brochard P, Le Bourgeois JP, Ruffie P- Les cancers professionnels. Tome 1. Paris : Editions Margaux Orange ; 2000 : 245-85, 688 p.
- [4] SCHUHMACHER-WOLZ U, KALBERLAH F, OPPL R, VAN HEMMEN JJ – A toolkit for dermal risk assessment: toxicological approach for hazard characterization. *Ann Occup Hyg*. 2003 ; 47 (8) : 641-52.
- [5] GRANDJEAN P – Skin penetration : hazardous chemicals at work. EUR 12599 EN of the Commission of the European Communities. London : Taylor and Francis ; 1990 : 187p.
- [6] Percutaneous absorption. Monograph 20. Brussels : ECETOC ; 1993 : 80 p.
- [7] NIELSEN JB, GRANDJEAN P – Criteria for skin notation in different countries. *Am J Ind Med*. 2004 ; 45 (3) : 275-80.
- [8] FISEROVA-BERGEROVA V, PIERCE JT, DROZ PO – Dermal absorption potential of industrial chemicals : criteria for skin notation. *Am J Ind Med*. 1990 ; 17 (5) : 17-635.
- [9] BOENIGER MF – The significance of skin exposure. *Ann Occup Hyg*. 2003 ; 47 (8) : 591-93.
- [10] PILLIÈRE F, CONSO F – BIOTOX. Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. 3ème édition mise à jour juin 2002. Edition INRS ED 791. Paris : INRS ; 2002 : 199 p.
- [11] CLERMONT H, DOGAN C, GROSSE H, LAUZIER F ET AL. – Surveillance biologique de l'exposition au MDI. *Arch Mal Prof*. 2004 ; 65 (2-3) : 178-79.
- [12] KALNAS J, TEITELBAUM DT – Dermal absorption of benzene: implications for work practices and regulations. *Int J Occup Environ Health*. 2000 ; 6 (2) : 114-21.
- [13] GARNIER R, CHATAIGNER D, PEREZ-TRIGALOU B, EFTHYMIOU ML – Intoxications professionnelles par le diméthylformamide. 30 cas. *Arch Mal Prof*. 1992 ; 53 (2) : 111-20.
- [14] BELLO D, HERRICK CA, THOMAS J, SMITH TJ ET AL. – Skin exposure to isocyanates: reasons for concern. *Environ Health Perspect*. 2007 ; 115 (3) : 328-35.
- [15] LEBRETON R, REYNIER M, TRIOLET J, PILLIÈRE F – La fiche de données de sécurité. Un document riche d'informations, essentiel pour la prévention du risque chimique. Mise à jour avril 2005. *Aide-mémoire technique*. Edition INRS ED 954. Paris : INRS ; 2005 : 15 p.
- [16] COURTOIS B – Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *Aide-mémoire technique*. Edition INRS ED 984. Paris : INRS ; 2006 : 19 p.
- [17] SCHNEIDER O, BRONDEAU MT – Indices biologiques d'exposition. Note documentaire ND 2245. *Cah Notes Doc*. 2006 ; 202, 1er trimestre 2006 : 49-66.
- [18] OPPL R, KALBERLAH F, EVANS PG, VAN HEMMEN JJ – A toolkit for dermal risk assessment and management: an overview. *Ann Occup Hyg*. 2003 ; 47 (8) : 629-40.
- [19] BRASSEUR G – Enquête : réévaluer les expositions dermiques professionnelles. *Trav Sécur*. 2002 ; 622, octobre 2002 : 38-39.
- [20] LAUZIER F, RIVES ML, BEAUTE C, DOGAN C ET AL. – Évaluation du risque chimique lié à l'application d'une résine époxydique contenant une amine aromatique classée cancérigène (MDA) dans des réservoirs ou canalisation. *Arch Mal Prof*. 2001 ; 62 (3-4) : 213-16.
- [21] CNAMTS - Évaluation du risque chimique. Recommandation R 409. Paris : INRS ; 2004 : 48 p.
- [22] VINCENT R, BONTTHOUX F, MALLET G, IPARRAGUIREY F ET AL. - Méthodologie simplifiée d'évaluation du risque chimique : un outil d'aide à la décision. ND 2233. *Cah Notes Doc*. 2005 : 200 : 39-62.
- [23] Prévention des risques professionnels liés aux agents chimiques. Document DT 80. Puteaux : CP Chimie Promotion ; 2004 : 130 p.
- [24] Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational

Exposure to Pesticides during Agricultural Application. Chemicals Testing Monograph n° 9. Paris : OCDE ; 1997 : 57 p.

[25] Risques d'exposition aux principes actifs pharmaceutiques et médicaments. Note technique CRAMIF 21. DTE 145. Paris : CRAMIF, Service prévention des risques professionnels ; 2001 : 51 p.

[26] MILHAUD G – Évaluation prévisionnelle des risques liés à l'utilisation et à l'application des pesticides. Encyclopédie médico-chirurgicale. Toxicologie, pathologie professionnelle 16-059-F-10. Paris : Editions scientifiques et médicales Elsevier ; 1998 : 4 p.

[27] BRISSON MJ, ASHLEY K, STEFANIAK AB, EKECHUKWU AA ET AL. – Trace-level beryllium analysis in the laboratory and in the field: state of the art, challenges and opportunities. *J Environ Monit.* 2006 ; 8 (6) : 605-11.

[28] BOUST C – Quels vêtements de protection contre les risques chimiques ? Fiche pratique de sécurité ED 127. Paris : INRS ; 2006 : 4 p.

[29] BOUST C – Des gants contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 112. Paris : INRS ; 2003 : 4 p.

[30] FORSBERG K, MANSDORF SZ – Quick selection guide to chemical protective clothing. 4th edition. Hoboken : John Wiley and Sons ; 2002 : 147 p.

[31] FAVIER B, LATOUR JF, ARDIET C, VOLOCH A – Évaluation de la contamination des gants et des mains du personnel infirmier avant et après formation à la manipulation des anticancéreux. *Arch Mal Prof.* 2002. 63 (1) : 20-24.

[32] RAWSON BV, COCKER J, EVANS PG, WHEELER JP ET AL. – Internal contamination of gloves. *Ann Occup Hyg.* 2005 ; 49 (6) : 535-41.

Comment in: *Ann Occup Hyg.* 2006 ; 50 (6) : 545-48.

[33] GARROD AN, PHILLIPS AM, PEMBERTON JA – Potential exposure of hands inside protective gloves—a summary of data from non-agricultural pesticide surveys. *Ann Occup Hyg.* 2001 ; 45 (1) : 55-60.

[34] BAUER JC, CHARTIER C, BALTU I - Pourquoi porter des gants et comment ôter les gants souillés? Les conseils de Tip Top. Edition INRS ED 883. Paris : INRS ; 2002 : 6 p.

[35] STEEN D – Exposition via la peau : la grande inconnue. *Promosafe.* 1996 ; 23 (1) : 24-27.

[36] WITSCHGER O – Particules ultra-fines et santé au travail. 1 : caractéristiques et effets potentiels sur la santé. Note documentaire ND 2227. *Hyg Secur Trav. Cah Notes Doc.* 2005 ; 199 : 21-35.