

→ M. Lafontaine, P. Delsaut,
Département Ingénierie
des procédés, Y. Morele,
Département Métrologie
des polluants, Centre de Lorraine,
INRS, Vandœuvre-Lès-Nancy

Risques liés à l'utilisation des fluides de coupe

→ M. Lafontaine, P. Delsaut,
Département Ingénierie
des procédés, Y. Morele,
Département Métrologie
des polluants, Centre de Lorraine,
INRS, Vandœuvre-Lès-Nancy

Risques liés à l'utilisation des fluides de coupe

RISKS LINKED TO THE USE OF CUTTING FLUIDS

The risk assessment was carried out on the basis of four criteria: population exposed, presence of cancerous and other pathologies, and existing means of prevention. The number of people potentially exposed is relatively high: 136,000 for aqueous fluids and 79,000 for straight oils (38,000 for both types of fluids). There is no relationship between cutting fluids and bronchogenic carcinoma. In contrast, although the arguments are limited, aqueous fluids might be involved in cancers of the oesophagus and the stomach. With respect to the other pathologies: although very few cases of asthma and chronic bronchitis have been observed, there are many more skin disorders than those recognised as occupational diseases. Most preventive measures, whether collective or personal, are already known but are not always respected, particularly in small enterprises: in this respect, 22 % of establishments do not monitor the state of the aqueous fluids used (concentration, pH, bacterial content). Following this study, the priority action would therefore appear to be more information and the application of basic prevention rules along with publication and widespread dissemination of a guide intended for users.

● cutting fluid ● machining
● equipment ● procedure
● additive ● toxicity
● carcinogenicity ● measurement

L'évaluation des risques a été effectuée à partir de quatre critères : population exposée, existence de pathologies cancéreuses, autres pathologies et moyens de prévention existants.

■ Le nombre de personnes potentiellement exposées est relativement important : 136 000 pour les fluides aqueux et 79 000 pour les huiles entières (38 000 pour les deux types de fluides).

■ Il n'y a pas de relation entre fluides d'usinage et cancers broncho-pulmonaires. Par contre, bien que les arguments soient limités, les fluides aqueux pourraient être incriminés dans des cancers de l'oesophage et de l'estomac.

■ Concernant les autres pathologies : si très peu d'asthmes et de bronchites chroniques sont observés, il y a en revanche beaucoup d'atteintes cutanées bien plus nombreuses que celles comptabilisées au titre des maladies professionnelles.

■ La plupart des mesures de prévention, collectives ou individuelles, sont déjà connues mais pas toujours observées notamment dans les petites entreprises : ainsi, 22 % des établissements ne suivent pas l'évolution de leurs fluides aqueux (concentration, pH, bilan bactériologique).

A l'issue de l'étude, l'action prioritaire à suivre paraît donc se situer au niveau de l'information et de l'application des règles élémentaires de prévention avec l'élaboration et la large diffusion d'un guide à l'attention des utilisateurs.

● fluide de coupe ● usinage ● procédé ● additif ● toxicité ● cancérogénicité
● métrologie

Cet article résume les données recensées lors d'une étude d'instruction sur les risques liés à l'utilisation des fluides de coupe.

A l'origine, seuls les fluides aqueux étaient concernés mais il était difficile, dans un tel travail, de bien les dissocier des huiles entières : beaucoup d'opérateurs utilisent les deux, parfois simultanément. Les pathologies, en particulier cutanées, ne sont pas toujours spécifiques ou déclarées comme telles ; quant aux mesures de prévention, elles sont souvent communes aux deux types de fluides.

L'évaluation des risques liés à l'utilisation de ces fluides a été essentiellement effectuée à partir de quatre critères :

■ Le nombre de personnes potentiellement exposées : estimation à partir d'un

sondage effectué auprès de 3 000 établissements utilisateurs potentiels [1]. D'autres renseignements ont été obtenus concernant les habitudes professionnelles, les fluides utilisés et leur tonnage, la prévention adoptée...

■ Les risques de cancers : revue bibliographique des études épidémiologiques internationales sur tous les types de cancers observés dans les secteurs utilisant des fluides d'usinage de métaux.

En fait, la plupart des études sont américaines et impliquent surtout le secteur automobile [2].

■ Les autres pathologies cutanées et respiratoires : étude qualitative et quantitative de la situation française des dernières années à partir des données officielles, ainsi que d'enquêtes auprès de médecins

du travail exerçant dans des entreprises utilisatrices de fluides de coupe.

■ Les moyens de prévention : établissement d'un bilan des principales mesures actuellement proposées (fluides à utiliser et leur suivi, protection générale et individuelle...), ainsi que la vérification de l'application réelle des règles de base dans les ateliers.

1. Situation actuelle et tendances

1.1. Généralités

Le « monde » de l'usinage évolue beaucoup depuis quelques années, soumis aux contraintes des « donneurs d'ordre », de l'environnement et de l'hygiène du travail.

■ **Les donneurs d'ordre** (industrie automobile par exemple) : ils sont de plus en plus exigeants pour des raisons de compétitivité : demande d'amélioration de la productivité assujettie aux nouvelles normes d'assurance qualité (obligation pour les sous-traitants de passer en ISO 9000).

■ **L'environnement**, sans doute le plus contraignant : actuellement, le coût d'élimination des fluides usés est parfois plus élevé que celui de l'achat des produits neufs. Il devient impératif d'utiliser les fluides de façon plus rationnelle, d'améliorer leur durée de vie, de réduire la quantité de déchets (tendre même vers le rejet 0), de s'orienter préférentiellement vers des produits biodégradables.

■ **L'hygiène du travail** : à ce jour, les contraintes visent essentiellement les huiles entières :

- l'une concerne le captage et le traitement des brouillards d'huile avec l'objectif de ne pas dépasser une concentration moyenne ambiante en aérosols de 1 mg par m³ d'air [3] ;
- la deuxième limite la teneur en polyaromatiques des huiles formulées neuves : indice DMSO/UV < 300 [4].

1.2. Types de fluides utilisés

Dans les années 90, la consommation des fluides aqueux augmentait régulièrement, avec un tonnage qui tendait à dépasser celui des huiles entières. Le

DÉFINITIONS

LA COUPE

On entend par « coupe » l'usinage classique avec outil coupant (décolletage, fraisage, tournage, forage, sciage...), avec outil abrasif (rectification, rodage...), par électroérosion ou déformation (emboutissage, forgeage, laminage à froid).

FLUIDES DE COUPE

Il y a deux grandes catégories de fluides de coupe :

◆ **les huiles entières** (à propriétés lubrifiantes prépondérantes) généralement à base d'huiles de pétrole, plus rarement d'hydrocarbures de synthèse (polyalkylbenzènes) ;

◆ **les fluides aqueux** (dont on recherche surtout les qualités de refroidissement) parmi lesquels il est possible de distinguer :

- les émulsions, micro-émulsions, pseudo-émulsions : ce sont des dispersions de gouttelettes plus ou moins fines d'huile (10⁻³ à 2 µm de diamètre) stabilisées par un émulateur ; la concentration dans l'eau varie de 2 à 10 % ;

- les solutions : tous les composés sont solubles dans l'eau ; on trouve fréquemment des produits de synthèse (polyglycols...).

LES ADDITIFS

Ils sont destinés à améliorer les performances du fluide. Il en existe des centaines, regroupés en familles parmi lesquelles on peut distinguer pour les plus connues :

◆ **les additifs d'onctuosité**, qui augmentent les qualités lubrifiantes (esters d'acides gras...) ;

◆ **les additifs antiusure**, qui limitent l'usure de l'outil (alkyldithiophosphate de zinc...) ;

◆ **les additifs extrême-pression**, qui réduisent les risques de grippage entre les surfaces en frottement par formation d'un film protecteur (paraffines chlorées, oléfines soufrées, sulfonates surbasés...).

Certains sont plus spécifiques aux fluides aqueux :

◆ **les inhibiteurs de corrosion**, qui empêchent la corrosion des métaux (alcanolamines, dérivés borés, nitrite de sodium, alkylbenzotriazoles...) ;

◆ **les émulateurs**, qui permettent la formation d'une émulsion stable d'huile dans l'eau (alkylphénoloxéthylénés...) ;

◆ **les biocides (bactéricides et fongicides)**, comme les triazines ou le formaldéhyde, qui limitent la prolifération de micro-organismes et, plus récents, les biostatiques qui confèrent aux fluides des propriétés de biorésistance améliorées.

Certains additifs sont polyvalents. Ainsi, l'éthylènediamine a des propriétés biocides, émulateurs et inhibiteurs de corrosion.

LES BROUILLARDS D'HUILE

Ils sont essentiellement dus à un phénomène mécanique engendré près du point d'impact entre huile et pièces tournantes. Les microparticules formées sont dispersées dans l'atmosphère ; s'y ajoutent une partie des vapeurs d'huile qui recondensent, ainsi que les fumées produites lors de l'usinage si les conditions sont particulièrement sévères : les températures à l'interface outil-copeau peuvent en effet dépasser 750 °C. Il se forme alors des produits de distillation et de dégradation (craquage) suivis éventuellement de recombinaisons diverses (pyrosynthèse).

Ce terme « brouillards d'huile » désignait donc à l'origine des aérosols émis lors d'usinages avec des huiles entières. Il est improprement utilisé pour les fluides aqueux (le phénomène est d'ailleurs plus rarement observé dans ce cas). On admet, du moins pour les émulsions, que l'eau présente au moment de l'impact disparaît rapidement par évaporation. L'aérosol résultant est alors peu différent de celui d'une huile entière, avec cependant une taille de particules plus faible.

choix semblait moins lié à des raisons techniques qu'économiques ou même historiques.

Ainsi, les décolleteurs de la vallée de l'Arve étaient toujours fidèles aux huiles entières, plus coûteuses à l'achat, de maintenance et d'élimination plus faciles, et avec moins d'agressivité pour le matériel.

Certains choix paraissaient acquis en fonction du type d'usinage :

■ tournage, décolletage, taraudage, alésage : les huiles entières restaient majoritaires ;

■ rectification : était toujours le domaine privilégié des fluides aqueux, sauf dans le cas de rectifications très pointues ou de rectifications dans la masse, qui nécessitent l'utilisation d'huiles entières extrême-pression ;

■ laminage : utilisation d'huiles émulsionnables pour les aciers ordinaires. Pour l'inoc et les aciers spéciaux, les huiles pleines dominaient encore ;

■ électroérosion : les fluides diélectriques étaient toujours essentiellement des huiles minérales légères (ébauche) et des pétroles désaromatisés (finition).

Toutes ces tendances sont globalement confirmées par les données du sondage, excepté pour les quantités respectives des fluides : le tonnage annuel des huiles

entières reste supérieur à celui des fluides aqueux (respectivement de 29 000 pour les huiles entières et de 28 000 pour les fluides aqueux : ces valeurs sont légèrement inférieures à celles fournies par les formulateurs, soit 32 000 et 29 000 tonnes en moyenne de 1996 à 1999).

1.3. Fluides et composants

En ce qui concerne les huiles minérales d'origine pétrolière, il y a disparition progressive des produits insuffisamment raffinés ainsi que des bases de régénération.

Au niveau des additifs, un des faits majeurs est le retrait (rapide) des additifs chlorés extrême-pression (paraffines chlorées à chaîne courte par exemple) dont les traitements pour élimination sont très réglementés, donc très coûteux. Compte tenu des exigences actuelles de l'usinage (vitesses de coupe de plus en plus élevées, finition des pièces...), les additifs de remplacement doivent être très performants et supporter des effets de charge et de cisaillement importants.

De nouvelles molécules sont apparues, comme les polysulfures (TPS), les esters synthétiques polymérisés (ESP), ainsi que les sulfonates surbasés (appelés PEP comme « passive extrême-pression »).

On observe aussi l'apparition de produits plus biodégradables comme les acétals, à la place des classiques esters d'acides gras.

Quant aux additifs « antibrouillards » (ces additifs sont généralement des agents de viscosité, polymères de type polyisobutène ; ils favorisent la coalescence de particules fines en plus grosses qui sédimentent plus facilement), malgré une légère augmentation du tonnage, l'essor escompté n'est pas vraiment constaté.

En ce qui concerne les fluides aqueux, il y a disparition progressive des formulations contenant du nitrite de sodium ainsi que des éthanolamines et amides. On note même l'apparition de nouveaux émulsifiants et inhibiteurs de corrosion ne contenant plus d'azote.

1.4. Utilisateurs et prévention

Le sondage portait donc sur les effectifs concernés par les fluides de coupe en 1999, sur les activités et les tendances en matière d'usinage, ainsi que sur les moyens de prévention mis en place dans les ateliers (protections collectives et individuelles, contrôle des fluides...).

Sur 1 500 établissements ayant répondu, soit 51 % (valeur bien plus élevée que celles généralement obtenues dans ce type de sondage), 860 utilisent des fluides de coupe dans un ou plusieurs de leurs ateliers. La population exposée (*tableau I*) est estimée à 136 000 pour les fluides aqueux et 79 000 pour les huiles entières (38 000 travaillent avec les deux types de fluide).

TABLEAU I

ESTIMATIONS D'APRÈS SONDAGE : GENS EXPOSÉS, TONNAGES

- PEOPLE EXPOSED, TONNAGE USED (ESTIMATED ON THE BASIS OF SURVEY DATA)

	Fabrication de verre creux	Métallurgie	Travail des métaux	Fabrication de machines	Fabrication de mat. électrique	Optique	Horlogerie	Construction automobile	Construction de navires	Construction de mat. ferroviaire	Construction de moteurs d'avions	Fabrication de motocycles	Total
Effectif total estimé	17 898	121 444	463 498	338 122	31 836	13 196	4 136	219 236	17 673	9 553	25 299	2 498	1 264 389
Effectif technique	10 760	96 222	289 433	231 066	19 997	8 429	3 158	162 246	8 332	8 608	2 479	2 056	842 788
Effectif ateliers concernés	838	14 625	107 476	58 352	2 996	1 754	634	41 734	2 795	324	6 050	266	237 844
Exposés huiles entières	126	4 372	43 401	15 609	434	447	464	12 062	137	191	1 514	161	78 918
Exposés fluides aqueux	448	8 870	59 520	37 529	2 218	747	243	22 682	523	147	3 151	232	136 310
Tonnage huiles entières	1	3 714	9 662	5 547	455	77	55	8 793	3	7	342	15	28 670
Tonnage fluides aqueux	20	5 295	5 996	6 302	251	124	7	9 558	20	33	286	33	27 925

C'est logiquement dans le secteur travail des métaux (industrie mécanique) que la population exposée est la plus importante : environ 50 %. Ce pourcentage passe à plus de 95, si l'on ajoute celle des trois autres gros secteurs concernés (métallurgie, fabrication de machines, construction automobile).

Une question touchait plus spécifiquement les carbures métalliques du fait de la présence possible de métaux dissous dans les fluides : moins de 1 % des établissements a pour activité unique ou principale l'usinage de ce matériau, soit 1 200 personnes potentiellement exposées (indifféremment aux deux types de fluides).

En matière de prévention, la situation est encore améliorable même si de gros progrès ont été réalisés ces dernières années (*tableau II*).

Environ 16 % des établissements peuvent être considérés comme exemplaires (équipés d'une ventilation générale et d'un captage à la source), 22 % n'ont par contre aucune installation de ventilation. Même constat au niveau de la protection individuelle : seulement 41 % des établissements proposent la double protection gants et crèmes, 9 % n'offrent rien aux opérateurs. Concernant plus particulièrement les fluides aqueux, 32 % des établissements procèdent à un suivi complet, pH + concentration + bactério, 22 % ne font aucun contrôle.

Dans tous les cas, la même tendance est observée : les ateliers sont d'autant mieux équipés et le personnel d'autant plus vigilant sur l'évolution des fluides que l'effectif est élevé.

1.5. Matériel et procédés nouveaux

Ces dernières années, les machines outils ont beaucoup évolué notamment sur le plan de l'automatisation (commandes numériques, centrales d'usinage...) et de la productivité (usinage à grande vitesse, moteurs linéaires...). Une des conséquences positives en matière d'hygiène du travail est la moindre fréquence d'intervention humaine, donc de contact avec le fluide de coupe. De même, compte tenu des systèmes de protection et de captation souvent montés d'origine, les émissions d'aérosols dans l'atelier sont réduites.

On note aussi une amélioration importante des outils (nuance, géométrie...) permettant le travail à sec, même dans le

cas d'usinage à grandes vitesses. Cependant, malgré l'économie a priori réalisée (le fluide de coupe représente en moyenne plus de 10 % du prix de la pièce), cette technique de l'usinage à sec n'a pas encore pris l'essor escompté.

Ce n'est pas le cas de la microlubrification (« des gouttes à la place des litres ») qui présente peut-être l'évolution la plus intéressante de ces dernières années. Elle est applicable à tous types d'usinage par enlèvement de métal, même avec outils mobiles. Elle présente de nombreux avantages techniques, financiers pour l'environnement (huile de type colza biodégradable) et pour l'hygiène du travail (pas de brouillards d'huile, pas besoin de solvants de dégraissage).

Le marché est en pleine expansion. Cette technique est en effet adoptée, non seulement par de grands groupes industriels français, mais également par un nombre non négligeable de PME, comme le confirme le sondage dont une question portait sur l'utilisation éventuelle de la microlubrification : 138 établissements (plus de 16 %), plutôt de taille moyenne, utilisant des fluides de coupe, ont adopté ou testé le procédé sur une ou plusieurs machines ; 91 se sont déclarés satisfaits.

De nouvelles techniques émergent aussi dans le domaine des épurateurs : échangeurs cycloniques, systèmes à flux turbulents, pièges à zéolithes... Ces procédés, de très grande efficacité, permettent en principe le recyclage de l'air dans les ateliers.

2. Utilisation et risques

2.1. Risque cancérigène

De nombreuses études épidémiologiques ont été menées sur les risques de cancers chez les utilisateurs de fluides de coupe (par contre, il n'y a pas eu d'enquête nationale depuis les travaux du couple Thony sur les cancers des ouvriers décolleteurs de la vallée de l'Arve [5], alors que quelques rares cas de cancers cutanés ont encore été observés ces dernières années en France). En fait, la plupart des études sont d'origine américaine et portent sur les ateliers d'usinage dans l'industrie automobile.

Compte tenu de l'hétérogénéité existant entre les études, une bonne interprétation

de ces travaux est difficile. Cependant, un certain nombre de tendances se dessinent (*tableau III*), résumées par les experts du NIOSH [2].

Cancers cutanés

Une majorité d'études montre un risque de cancers de la peau et du scrotum associé à des expositions anciennes (avant 1975) aux huiles entières (à l'époque peu raffinées et riches en hydrocarbures aromatiques polycycliques).

Cancers du larynx

Plusieurs études relatent un excès de cancers du larynx relié aux fluides d'usinage, les huiles entières étant plus spécifiquement suspectées dans l'enquête américaine sur l'industrie automobile. Selon les auteurs, l'activité tumorigène serait due aux hydrocarbures aromatiques polycycliques, potentialisée par certains additifs soufrés. La localisation au larynx serait liée à la taille importante des particules d'huile inhalées par les ouvriers (en fait, aucune donnée météorologique n'est incluse dans ces études).

Cancers de l'œsophage

Pour les experts du NIOSH, les arguments sont limités en faveur d'une association entre cancers de l'œsophage et fluides aqueux. Cependant, une enquête récente [6] associe de manière significative fluides aqueux, nitrosamines, biocides et cancers de l'œsophage.

Cancers broncho-pulmonaires

Un grand nombre d'études épidémiologiques ont été conduites mais il y a peu d'éléments permettant de conclure à une relation entre fluides de coupe et cancers broncho-pulmonaires. Certaines études de cohortes montrent même des relations dose-effet inversées. Seules deux études cas-témoins relatent des risques relatifs significatifs.

Cancers de l'estomac

Globalement, à partir notamment des études de cohortes, il existe peu d'arguments en faveur d'une association entre fluides de coupe et cancers de l'estomac. Il faut noter cependant que certains travaux suggèrent une relation chez les meuleurs et rectifieurs utilisant des fluides aqueux.

TABLEAU II

DONNÉES DU SONDAGE : PROTECTIONS, SUIVI DES PRODUITS
 - SURVEY DATA: PROTECTIVE MEASURES, PRODUCT MONITORING

PROTECTION COLLECTIVE	
Installation	% établissements
Ventilation générale + captage à la source	16
Ventilation générale	41
Captage sur la plupart des machines	11
Captage partiel	16
Aucune installation	22
PROTECTION INDIVIDUELLE	
Type de protection	% établissements
Gants + crèmes	41
Gants seuls	42
Crèmes seules	6
Aucune protection	9
SURVEILLANCE DES FLUIDES AQUEUX	
Paramètres suivis	% établissements
pH + concentration + bactériologie	32
pH seul	12
Concentration seule	29
Bactériologie seule	6
Aucun suivi	22

TABLEAU III

FLUIDES D'USINAGE ET CANCERS - CUTTING FLUIDS AND CANCERS

LOCALISATION	RISQUE	COMMENTAIRES
Peau, scrotum	+	associé aux huiles entières
Larynx	+	associé aux huiles entières
Œsophage	±	associé aux fluides aqueux lors d'opérations de rectification
Estomac	±	associé aux fluides aqueux lors d'opérations de rectification
Pancréas	+	associé aux huiles entières et aux fluides synthétiques
Vessie	- +	enquêtes de cohortes enquêtes cas-témoins
Rectum	+	associé aux huiles entières
Poumons	-	
Autres organes	-	

Cancers du pancréas

Malgré les discordances observées entre ou dans les études, les résultats des enquêtes suggèrent l'existence d'un risque de cancer du pancréas lié à l'utilisation des fluides d'usinage et plus particulièrement avec les huiles entières et synthétiques.

Cancers de la vessie

Certaines études cas-témoins concluent à une relation entre cancers de la vessie et fluides de coupe. L'une d'entre elles incrimine plus particulièrement les huiles entières. Par contre, les études de cohortes sont négatives (les experts considèrent que ces études ne sont pas appropriées lorsqu'il s'agit de cancers à taux de survie élevé).

Cancers du rectum

Plusieurs études sont en faveur d'une association entre fluides de coupe et cancers du rectum avec une bonne relation dose-effet (industrie automobile). Ces excès de cancers semblent liés à l'utilisation d'huiles entières.

En résumé, les experts considèrent qu'il n'est pas possible de conclure définitivement excepté pour les cancers de la peau pour le cas des huiles entières. Cependant, il existe des arguments en faveur d'une relation entre les fluides de coupe et les localisations cancéreuses suivantes : larynx, pancréas, rectum et vessie. Ces cancers sont associés essentiellement aux huiles entières.

Concernant l'œsophage et l'estomac, les arguments sont limités. Dans ces cas, ce sont alors les fluides aqueux qui pourraient être incriminés.

Quant aux voies respiratoires, il n'y aurait pas de relation entre fluides d'usinage et cancers broncho-pulmonaires.

2.2. Autres pathologies

Beaucoup d'additifs contenus dans les fluides d'usinage sont réputés pour leur agressivité [2, 7, 8]. On connaît par exemple les thiophosphates de zinc et la triéthanolamine (irritants et allergisants), les paraffines chlorées et le triphénylphosphate (irritants), les bactéricides comme les triazines (allergisants).

Un certain nombre d'entre eux sont d'ailleurs pris en compte dans le cadre de la réparation (Tableaux de maladies professionnelles n^{os} 36, 49 et 65). Comme nous l'avons vu, d'autres ont tendance à disparaître des formulations : alkylthiophosphate de zinc, paraffines chlorées, nitrite de sodium...

La présence de ces additifs, ainsi que la causticité de beaucoup de fluides aqueux (pH souvent supérieur à 10,5) peuvent être à l'origine de pathologies diverses [9 à 11] :

- liées à la présence dans l'atmosphère d'aérosols émis par les fluides utilisés ;
- cutanées, par contact direct avec le fluide ou par des vêtements souillés.

Dans notre étude, les atteintes considérées sont essentiellement les asthmes, les bronchites chroniques et les dermatoses d'origine allergique ou non.

Des signes (plus précoces ?) comme la toux, les expectorations ainsi que les hyperactivités bronchiques n'ont pas été pris en compte [12].

Il n'y a pas de données statistiques concernant ces maladies professionnelles hormis celles de la CNAM, tirées essen-

tiellement des cas indemnisés au titre des tableaux nos 36, 65 et 66 [13].

Or, celles-ci pourraient être sous-estimées car sous-déclarées (les raisons majeures étant le niveau de l'indemnisation et surtout la crainte que l'intéressé perde son emploi). Pour obtenir des estimations un peu plus fiables, plusieurs approches ont été menées avec :

- l'étude des données des services hospitaliers de pathologies professionnelles de trois grands hôpitaux d'Île-de-France (Cochin, Créteil, Fernand-Widal) ;
- le rapport 1997 de l'Observatoire national des asthmes professionnels (ONAP) [14] ;
- des questionnaires anonymes adressés à plusieurs dizaines de médecins du travail des secteurs Pays-de-Loire et d'Île-de-France ;
- les thèses, mémoires et autres données ponctuelles concernant l'observation de pathologies liées à l'utilisation de fluides de coupe [7, 15, 16].

Pathologies respiratoires

Comme l'illustre le *tableau IV*, très peu de cas d'asthme ont été observés lors de ces dernières années. Compte tenu de ces très faibles valeurs, il est difficile d'extrapoler à l'ensemble de la population exposée : moins de dix cas par an ? Bien que l'agent causal ne soit pas toujours identifié, ces problèmes semblent plutôt en rapport avec les fluides aqueux.

Quant aux bronchites chroniques, aucun cas n'est relaté, notamment dans les deux enquêtes-questionnaires susceptibles de les mettre en évidence.

Pathologies cutanées

Les données quantitatives sont résumées par le *tableau V*. Moins d'une centaine de cas, sans distinction de fluide, sont reconnus annuellement par la CNAM (source 1), en cohérence avec les données des services de pathologies professionnelles de la région parisienne (sources 2 et 3). Par contre, des estimations faites à partir des autres données conduiraient à des valeurs 5 (source 4) à plus de 10 fois (source 6) supérieures aux cas déclarés officiellement. Certaines études sont difficilement exploitables car elles correspondent, essentiellement (source 5) ou en partie (source 6), à des situations caricaturales observées dans les ateliers d'usinage de deux établissements (entreprises différentes) d'un même secteur industriel : fabriques de roulements.

Si l'on considère l'enquête la plus élaborée et la mieux renseignée (source 7), sur les sept cas (pour 1 500 personnes exposées) liés sans aucun doute à l'utilisation de fluides de coupe (trois imputables aux huiles entières), trois ont fait l'objet d'une « guérison » rapide (après changement de poste, de fluide ou port de gants), les quatre autres ont perduré, dont deux seulement ont fait l'objet d'une déclaration de maladie professionnelle. À partir de cette étude, en ne considérant que les cas chroniques, la sous-estimation serait plus faible, d'un facteur 2.

D'un point de vue plus qualitatif, un certain nombre de faits intéressants ressort de ces enquêtes :

- La distinction entre irritation simple ou allergie est difficile à établir cliniquement. Souvent, lorsqu'une origine allergique est soupçonnée sans confirmation par des tests plus élaborés, le diagnostic évoqué est celui de « dermite eczématiforme ». En fait, les allergies avérées (après tests épicutanés) sont assez peu nombreuses : environ 20 %, toutes sources de notre étude confondues, et en accord avec la littérature spécialisée.

TABLEAU IV

FLUIDES D'USINAGE ET ASTHME - CUTTING FLUIDS AND CANCERS

SOURCE	PÉRIODE	CAS	MÉTIER	POPULATION EXPOSÉE	AGENT CAUSAL	REMARQUES
CNAM	1996	0		~ 180 000		
ONAP	1997	1	ouilleur	~ 180 000	huile de coupe	
PP COCHIN	1991-1995	1	tourneur	22 000	fluide de coupe	plutôt syndrome asthmatiforme
PP COCHIN	1995-1998	0				
PP CRÉTEIL	1995-1998	1	tourneur	< 22 000	huile de coupe	plus 2 cas dus aux isocyanates
PP FD WIDAL	1995-1998	1	régleur presse		éthanolamines	
		1	tourneur		éthanolamines	
		1	technicien		huile minérale	
MT LYON	1997	1	décolleteur	~ 10 000	huile de coupe	asthme exacerbé par brouillard d'huiles
GRAM NANTES	1996-1998	1	tourneur	1 600	fluide aqueux	plus 1 cas d'hyper-réactivité bronchique avec asthme périodique
DRT ÎLE DE FRANCE	1999	0		1 500		

TABLEAU V

FLUIDES D'USINAGE ET DERMATOSES - CUTTING FLUIDS AND DERMATOSIS

SOURCE	PÉRIODE	CAS	POPULATION EXPOSÉE	REMARQUES
1 - CNAM T 36	1995 1996 1997	81 66 73	~ 180 000	42 dermatites eczématiformes, 3 d'irritation, 36 non précisées
2 - PP COCHIN	1991-1995	27		dont 15 mécaniciens auto (huiles entières, solvants)
3 - PP COCHIN PP CRÉTEIL PP FD WIDAL	1995-1998 1995-1998 1995-1998	6 16 2	< 22 000	16 reconnues MP Ile-de-France en 96
4 - MT LYON	1997	19	~ 10 000	31 cas déclarés T36 pour tout Rhône-Alpes en 97
5 - MT COLMAR	1990 -1997	73	370	dont 28 nouveaux cas au 4 ^e trimestre 95 3 reconnues MP Haut-Rhin en 96
6 - GRAM NANTES	1996-1998	140	1 600	112 irritations et 28 allergies, 19 reconnues Pays-de-Loire durant cette période
7 - DRT ÎLE-DE-FRANCE	1999	7	1 500	2 dermatites d'irritation, 5 dermatites eczématiformes, 2 déclarées MP

■ Si les fluides aqueux sont généralement suspectés (sources 5 et 6), notamment en cas de pH excessif ou de surdosage de bactéricides, les huiles entières sont responsables d'une bonne partie des cas observés (près de la moitié selon les sources 2, 4 et 7). Concernant les métaux, le nickel uniquement est mis en cause et ce dans seulement trois cas (sources 2 et 4).

■ La plupart des atteintes cutanées observées (90 %) sont situées aux mains et/ou aux avants-bras (il y a très peu d'atteintes faciales) et touchent des individus jeunes (- de 40 ans) après un temps d'exposition généralement inférieur à cinq ans.

■ Le devenir des opérateurs atteints est variable. Ceux-ci sont généralement maintenus au poste : 50 % des cas après aménagement (remplacement du fluide utilisé, port de gants...) et traitement médical. Certains sont changés de poste ou reclassés (environ 30 %). Les autres sont licenciés pour inaptitude (4 sur 19 cas (source 2) et 2 sur 27 (source 4)) ou pour raisons économiques...

En résumé, contrairement à nos prévisions, peu d'atteintes respiratoires sont observées. Par contre, il y a encore trop de problèmes cutanés difficiles à dénombrer et à classer mais beaucoup plus élevés que d'après les données officielles.

2.3. Métrologie

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Présents dans le pétrole, ils sont reconcentrés lors de la distillation sous vide. Leur teneur dans l'huile de coupe dépend du degré de raffinage de l'huile de base avant formulation des huiles entières ou émulsionnables. Un enrichissement très important peut se produire en cours d'utilisation. Connus surtout dans le cas de la trempe, ce phénomène se rencontre aussi en électroérosion et en frappe [17].

Les nombreuses analyses effectuées ces dernières années (C BaP, I DMSO/UV) sur les bases issues de raffineries, les huiles formulées, les concentrats pour huiles émulsionnables, confirment l'amélioration des produits utilisés. Il en est de même pour les prélèvements atmosphériques des HAP véhiculés par les brouillards d'huile entière. Les concentrations en Benzo[a]pyrène, de l'ordre de quelques nanogrammes/m³, sont toujours large-

ment inférieures à la valeur recommandée (150 ng/m³), même dans le cas d'huiles enrichies en cours d'usinage.

N-nitroso diéthanolamine (NDELA)

Absente au moment de la formulation, elle se forme dans les fluides aqueux au cours du stockage et de l'utilisation, par interr réaction d'additifs anticorrosion : nitrites ou dérivés nitrés avec la diéthanolamine présente en tant que telle ou comme impureté majeure de la triéthanolamine.

Une première étude, menée à l'INRS il y a plusieurs années, faisait état de quantités parfois importantes de NDELA dans les fluides aqueux : valeurs pouvant aller de quelques centaines de mg/l pour les fluides à nitrites à quelques mg/l pour les fluides sans nitrites.

Une étude plus récente [18] a permis d'établir que la concentration en NDELA urinaire était en relation directe avec celle du fluide utilisé et que l'excrétion était 100 fois plus élevée chez les ouvriers exposés aux fluides à nitrites (teneur en NDELA pouvant dépasser 100 µg/l d'urine) que chez ceux exposés à des fluides sans nitrites (teneur généralement inférieure au µg/l).

Il n'existe aucune valeur limite ou recommandation officielle en France. Les auteurs de l'étude conseillent de limiter les teneurs en NDELA dans les fluides à 1 mg/l. En Allemagne, cette valeur est de 5 mg/l.

Métaux

Leur introduction sous forme d'additifs (naphtéate de plomb, dithiophosphate de zinc, sels de baryum) est de plus en plus limitée. Par contre, se pose le problème de leur passage dans le fluide d'usinage, sous forme particulière ou dissoute, à partir du métal usiné (aciers inoxydables et aciers à forte teneur en Ni, Cr, Co, Mo) ou de l'outil utilisé (aciers rapides, carbures métalliques de W, Ti, V... liés au Co).

Les quantités de métaux présents dans le fluide sont parfois à l'origine de dépassements des valeurs limites atmosphériques actuellement préconisées (valeur ACGIH à 20 µg/m³ pour le Co depuis 1995) : des concentrations supérieures à 100 µg/m³ ont ainsi été mesurées dans deux entreprises françaises dont les fluides (affûtage et rectification) contenaient plus de 1g/l de Co.

Une étude récente [19] confirme ce phénomène de solubilisation, faible dans la majorité des cas mais très important lors de la rectification de carbures frittés :

teneurs en Co allant jusque 500 mg/l dans les fluides et 100 µg/m³ dans l'atmosphère. Cette même étude a permis de vérifier l'efficacité d'un fluide ne dissolvant pas le cobalt : la concentration en Co dans le fluide en cours d'utilisation est inférieure à 3 mg/l, la teneur résultante dans l'atmosphère étant de l'ordre ou inférieure à 20 µg/m³.

Brouillards d'huiles

Si l'on considère les brouillards d'huile entière, pour lesquels il existe beaucoup de données anciennes (plus particulièrement dans le décolletage), une nette amélioration est constatée depuis le début des années 80. A l'époque, les concentrations atmosphériques se situaient généralement entre 0,5 (ateliers équipés de systèmes de ventilation performants) et 5 mg/m³ ; elles dépassaient dans certains cas les 10 mg/m³.

Actuellement, après une diminution régulière des valeurs hautes, les concentrations (tous types de fluides confondus) sont en général inférieures à la recommandation de la CNAM : ainsi, d'après les données de la base de données COLCHIC, pour la période 1996-2000, plus de 75 % des valeurs (fraction soluble dans le dichlorométhane déterminée sur 815 prélèvements) sont inférieures à 1 mg/m³ (plus de 60 % sont inférieures à 0,5 mg/m³, recommandation récente du NIOSH [2]).

3. Prévention

En matière de fluides de coupe et de leur utilisation, la plupart des mesures de prévention, collectives ou individuelles, sont déjà connues [20] et restent valables même si les produits évoluent constamment. Comme il a été constaté précédemment, elles ne sont pas toujours suivies, notamment dans les petites entreprises.

Ces mesures sont souvent applicables aux deux types de fluides que l'on rencontre d'ailleurs simultanément dans beaucoup d'ateliers. Cependant, certaines sont plus spécifiques des fluides aqueux.

■ Ainsi, pour les fluides neufs : utiliser des huiles minérales raffinées (tant pour la formulation de base que pour le conditionnement des additifs), éviter les additifs précurseurs de NDELA (nitrites, éthanola-

mines, mais prendre garde aussi aux bio-cides nitrés ou aux nitrates de l'eau de dilution). Préférer les constituants les moins agressifs possibles (bactériostatiques plutôt que bactéricides, émulsificateurs non ioniques...), prendre des formulations à pH modéré (9 - 9,2), respecter les concentrations de fluide dans l'eau préconisées par le formulateur.

■ Pour le problème plus spécifique des métaux dissous (usinage de carbures métalliques en particulier), utiliser des fluides spécifiques adaptés à ce type de travail : fluides qui ne dissolvent pas le cobalt (absence dans la formulation de base d'amines complexantes) et dont l'efficacité théorique a pu être démontrée sur le terrain [19].

■ Pour la maintenance : suivre et corriger, s'il y a lieu, le pH, la concentration, la réserve alcaline et la teneur en microorganismes (ce qui, comme nous l'avons vu précédemment, est loin d'être fait régulièrement). Se conformer aux spécifications des formulateurs en évitant les ajouts intempestifs. Vérifier d'éventuels enrichissements en HAP, nitrites ou NDELA, métaux, éviter les conditions d'utilisation trop sévères pouvant favoriser ces phénomènes ; effectuer des vidanges systématiques si l'enrichissement est trop important (par exemple, si l'on dépasse 100 µg/kg de BaP pour les huiles entières, 1 mg/kg de NDELA et 200 mg/kg de Co pour les fluides aqueux).

Les autres mesures sont applicables à tous les types de fluides :

■ Procédés : limiter les contacts avec les bâtis de machines ou avec des pièces imprégnées de fluide, vérifier les débits d'arrosage ; utiliser, si possible, des techniques d'usinage à sec ou de microlubrification, cette dernière semblant particulièrement intéressante, même si elle n'est pas toujours adaptable.

■ Protection collective : limiter les brouillards par des installations de ventilation adéquates [1] (capotage des machines, captage des émissions à la source...). Compte tenu de la finesse des particules

atmosphériques (microniques) générées par les fluides aqueux, vérifier l'efficacité des épurateurs notamment en cas de recyclage de l'air dans les ateliers.

Actuellement, les valeurs de référence en matière de brouillards sont, comme nous l'avons vu précédemment, pour la fraction inspirable, de 1 mg/m³ (CNAM-INRS) et de 0,5 mg/m³ (recommandation 1998 du NIOSH).

■ Protection individuelle : là encore, suivre les règles élémentaires de base ; utiliser des tabliers de protection, changer régulièrement les vêtements souillés, éviter le nettoyage de la peau avec des solvants organiques ou des détergents trop alcalins, ainsi que des pâtes chargées de sable favorisant les irritations.

Quant aux gants ou aux crèmes protectrices, les adapter au type de fluide utilisé et prendre garde aux matières allergisantes de certains gants (latex) ou de certaines crèmes (émulsifiants).

CONCLUSION

Le nombre de personnes potentiellement exposées aux fluides de coupe est relativement important (plus de 200 000, dont près de 140 000 aux fluides aqueux) et justifie, a posteriori, parfaitement l'étude d'instruction. Celle-ci nous a permis d'établir certains constats plutôt rassurants, notamment en matière d'atteintes respiratoires très graves (cancers broncho-pulmonaires) ou graves (asthmes, bronchites chroniques), ainsi qu'en ce qui concerne le problème des métaux dissous qui paraît, pour l'instant, ne pas mériter d'investigations plus poussées : la population concernée est réduite (< 1 200 opérateurs plus spécifiquement exposés au cobalt lors de l'usinage de carbures métalliques) et les niveaux d'exposition atmosphériques sont acceptables. De plus, une prévention spécifique est possible (fluides exempts d'amines complexantes ne dissolvant pas le cobalt).

Concernant les autres atteintes cancéreuses et bien que les arguments paraissent limités en faveur d'une relation entre cancers de l'estomac, de l'œsophage et l'utilisation des fluides aqueux, l'élimination des précurseurs de nitrosamines dans ces fluides reste fortement recommandée.

Quant aux atteintes des autres organes, elles semblent plus spécifiques de l'utilisation ancienne d'huiles entières, dont les formulations ont bien évolué, en particulier en matière de raffinage et d'élimination d'une grande partie des HAP cancérigènes.

Cependant, beaucoup de pathologies cutanées sont encore observées. Il est difficile de les dénombrer, mais les données officielles sont indéniablement sous-estimées car sous-déclarées. Il est parfois impossible d'attribuer plus particulièrement les dermatoses à un type de fluide ou à un de ses constituants. Pourtant, ces pathologies devraient décroître rapidement si les règles de base (générales ou plus spécifiques du fluide utilisé) existantes en matière de prévention étaient suivies, ce qui n'est pas encore vraiment le cas actuellement.

A l'issue de cette étude, et compte tenu d'une situation globale apparemment plutôt satisfaisante, l'action prioritaire à suivre nous paraît donc se situer essentiellement au niveau de l'information et, bien sûr, de l'application de ces règles élémentaires. Aussi, l'élaboration d'un guide à l'attention des utilisateurs a-t-elle été envisagée. Sous forme de plaquette, il devrait être réalisé en collaboration avec le CETIM et l'Unité d'Hygiène industrielle d'un gros utilisateur.

Enfin, bien qu'il ne semble pas y avoir de risques pulmonaires importants, un besoin d'évaluation spécifique des brouillards de fluides aqueux existe (demande récurrente de l'Institution prévention). C'est pourquoi, une méthode de dosage a été proposée par l'INRS. La mise au point et la validation sur le terrain font actuellement l'objet d'une étude qui a débuté en 2001 [21].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] LAFONTAINE M. - Une grande enquête sur les fluides de coupe. *Travail et Sécurité*, mai 2001, pp. 36-40.
- [2] Criteria for a recommended Strandart. Occupational exposures to metal working fluids. *Cincinnati, NIOSH*, janvier 1998.
- [3] Guide pratique de ventilation n° 6. Captage et traitement des brouillards. Paris, INRS, 1995, ED 680, 24 p.
- [4] LAFONTAINE M., MORELE Y. - Huiles minérales et méthode DMSO-UV. Applications diverses. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, ND 2013, 162, pp. 47-53.
- [5] THONY C., THONY J. - Le cancer du décolleur. Enquête clinique et épidémiologique. *Cluses, Rapport du Centre de médecine du travail (CMT)*, 1970, 175 p.
- [6] SULLIVAN P.A. et coll. - Mortality studies of metalworking fluidexposure in the automobile industry : a case-control study of esophageal cancer. *American Journal of Industrial Medicine*, 1998, 34, pp. 36-48.
- [7] LAPOINTE-MULLER B. - Dermatoses professionnelles et fluide de coupe. *Thèse à l'Université Louis-Pasteur, Faculté de médecine de Strasbourg*, 1999, 227 p.
- [8] Dermatoses professionnelles aux fluides de coupe. *Documents pour le Médecin du Travail*, 2000, 83, pp. 295-304.
- [9] ROSENMAN K.D., REILLY M.J., KALINOWSKY D. - Work-related asthma and respiratory symptoms among workers exposed to metal working fluids. *American Journal of Industrial Medicine*, 1997, 32, pp. 325-331.
- [10] ALOMAR A. - Occupational skin disease from cutting fluids. *Dermatologic Clinics Occupational Dermatoses*, 1994, 12, pp. 537-546.
- [11] Les fluides de coupe. Paris, CRAMIF, 1998.
- [12] MASSIN N., BOHADANA A.B., WILD P. et coll. - Étude de la réactivité bronchique et des symptômes respiratoires des salariés exposés aux brouillards d'huile. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1997, 71, pp. 237-241.
- [13] Les maladies professionnelles. Guide d'accès aux tableaux du Régime général et du Régime agricole (2^e éd.) - Paris, 2001, INRS, ED 835, 340 p.
- [14] Données 1997. *Observatoire national des asthmes professionnels (ONAP), Rapport final pour le Ministère de l'Emploi et de la Solidarité et la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France*, 1998.
- [15] RABASSE-EYRAUD A. - Maladies professionnelles en rapport avec l'huile de coupe déclarées en Rhône - Alpes en 1997. *Université Claude-Bernard, Lyon 1, Mémoire de diplôme universitaire de toxicologie et maladies professionnelles*, 1999.
- [16] BONOMO G. - Pathologies professionnelles aux huiles : expérience d'une consultation spécialisée. *Faculté de médecine Cochin-Port-Royal, mémoire en DES à l'Université René-Descartes, Paris V*, 1997.
- [17] LAFONTAINE M. - Huiles minérales et cancers cutanés. Approche chimique d'un problème d'hygiène industrielle. Nancy, INRS, coll. *Notes scientifiques et techniques*, 1978, NS 17 (épuisé).
- [18] DUCOS P., GAUDIN R. - Determination of N-nitrosodiethanolamine in urine by gas chromatography thermal energy analysis : application in workers exposed to aqueous metalworking fluids. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 1999, 72, 4, pp. 215-222.
- [19] PELTIER A., ELCABACHE J.M., CARABIN N. - Solubilisation des métaux dans les fluides d'usinage. Étude dans des entreprises françaises. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1996, ND 2148, 183, pp. 21-31.
- [20] Guide d'emploi des fluides de coupe. *Senlis, CETIM*, 1989.
- [21] DIEBOLD F. - Utilisation du carbone comme traceur chimique pour le mesurage des brouillards de fluides aqueux dans les atmosphères de travail. *Vandœuvre, Étude INRS, PER 2001 - B.4/2.121 (en cours)*.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ - 30, rue Olivier-Noyer, 75680 Paris cedex 14

Tiré à part de *Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail*, 1^{er} trimestre 2002, n° 186 - ND 2164 - 3500 ex.
N° CPPAP 804/AD/PC/DC du 14-03-85. Directeur de la publication : J.-L. MARIÉ. ISSN 0007-9952 - ISBN 2-7389-1061-0

Imprimerie de Montligeon - 61400 La Chapelle Montligeon