

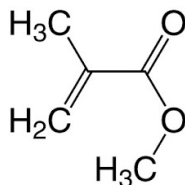
Méthacrylate de méthyle

Fiche toxicologique n°62

Généralités

Edition _____ Juin 2019

Formule :



Substance(s)

| Formule Chimique | Détails |
|--|---|
| C ₅ H ₈ O ₂ | Nom Méthacrylate de méthyle |
| | Numéro CAS 80-62-6 |
| | Numéro CE 201-297-1 |
| | Numéro index 607-035-00-6 |
| | Synonymes 2-Méthylpropénoate de méthyle ; Ester méthylique de l'acide 2-méthylpropénoïque |

Etiquette



Méthacrylate de méthyle

Danger

- H225 - Liquide et vapeurs très inflammables
- H335 - Peut irriter les voies respiratoires
- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H317 - Peut provoquer une allergie cutanée

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
201-297-1

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

Remarque : si cette substance est mise sur le marché sous forme non stabilisée, le responsable de la mise sur le marché doit faire figurer sur l'étiquette le nom de la substance suivi de la mention "non stabilisé" (Note D).

Caractéristiques

Utilisations

[1 à 6]

Le méthacrylate de méthyle est principalement utilisé pour la préparation de polymères et de copolymères de méthacrylate de méthyle, mis en oeuvre sous forme de poudre, de feuillets, de résines en solution ou en émulsion, entrant dans la fabrication de peintures, vernis, encres, revêtements et adhésifs.

Le polyméthacrylate de méthyle (Plexiglas®) sert à la confection de hublots de bathyscaphes et d'avions, de cockpits d'hélicoptères, de prothèses dentaires, d'implants en ophtalmologie, de verres de contact rigides, de fibres optiques, de panneaux publicitaires, de meubles, d'aquariums, de murs anti-bruit...

Il est également employé en soins et beauté des ongles pour la confection de faux ongles.

Propriétés physiques

[1 à 7]

Le méthacrylate de méthyle se présente sous la forme d'un liquide incolore, volatil et d'odeur caractéristique détectable dès 1 ppm.

Il est soluble dans l'eau (1,5 g dans 100 g d'eau à 20 °C) et forme un azéotrope qui bout à 83 °C et contient 14 % d'eau. Il est miscible à de nombreux solvants organiques, notamment l'éthanol et l'oxyde de diéthyle.

| Nom Substance | Détails |
|-------------------------|--|
| Méthacrylate de méthyle | Formule C₅H₈O₂ |
| | N° CAS 80-62-6 |
| | Etat Physique Liquide |
| | Masse molaire 100,11 |
| | Point de fusion - 48 °C |
| | Point d'ébullition 100 - 101 °C |
| | Densité 0,944 |
| | Densité gaz / vapeur 3,45 |
| | Pression de vapeur 36 à 47 kPa à 20 °C |
| | Point d'éclair 10 °C (en coupelle fermée) |
| | Température d'auto-inflammation 421 - 435 °C |
| | Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air) Limite inférieure : 1,7 % Limite supérieure : 12,5 % |
| | Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow) 0,67 - 1,38 à 20 °C |

À 20 °C et 101 kPa, 1 ppm = 4,1 mg/m³.

Propriétés chimiques

[2 à 5]

Le méthacrylate de méthyle est un composé très réactif qui se polymérise facilement à la température ambiante, lorsqu'il n'est pas convenablement stabilisé. La chaleur, la lumière, le contact avec des initiateurs (produits oxydants tels que les peroxydes et les nitrates, les bases ou les acides forts et l'oxyde de fer), même à l'état de traces, provoquent ou accélèrent la polymérisation. La réaction est exothermique et peut devenir dangereuse.

Pour pallier cette tendance à la polymérisation, le produit commercial est généralement stabilisé par addition d'un inhibiteur de polymérisation : hydroquinone (20 à 65 ppm), éther monométhyle de l'hydroquinone (20 à 120 ppm) ou 2,4-diméthyl-6-tert-butylphénol (45 à 65 ppm). Toutefois, l'efficacité du stabilisant est nulle en absence d'oxygène et elle diminue si la température dépasse 25 °C.

Les métaux usuels ne sont pas attaqués par le méthacrylate de méthyle.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

[8, 9]

Des valeurs limites **contraignantes** d'exposition professionnelle dans l'air des lieux de travail ont été établies pour le méthacrylate de méthyle.

| Substance | Pays | VLEP 8h (ppm) | VLEP 8h (mg/m ³) | VLEP CT (ppm) | VLEP CT (mg/m ³) |
|-------------------------|------------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| Méthacrylate de méthyle | France (VLEP contraignante - 2012) | 50 | 205 | 100 | 410 |
| Méthacrylate de méthyle | États-Unis (ACGIH - 2015) | 50 | 205 | 100 | 410 |
| Méthacrylate de méthyle | Allemagne (valeurs MAK) | 50 | 210 | 100 | 420 |

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

- Prélèvement des vapeurs de méthacrylate de méthyle dans l'air au travers d'un tube rempli de charbon actif, de résine Amberlite XAD 2 ou de charbon actif imprégné de 4-tert-butylcatéchol. Désorption par le disulfure de carbone ou le toluène. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [9 à 13].
- Prélèvement des vapeurs de méthacrylate de méthyle dans l'air par diffusion passive. Désorption au solvant (disulfure de carbone le plus souvent) et dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [14].
- Aspiration de l'air dans un canister vide en acier inoxydable inerté. Dosage de l'air contenu dans le canister par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, soit directement, soit après dilution sous pression ou préconcentration [15].

Incendie - Explosion

[4, 5, 16 à 18]

Le méthacrylate de méthyle est un liquide facilement inflammable (point d'éclair = 10 °C) qui émet en permanence à température ambiante suffisamment de vapeurs pour former un mélange explosif avec l'air.

En cas d'incendie impliquant du méthacrylate de méthyle, les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone, les poudres chimiques ou l'eau avec additif ou sous forme de mousse (adjonction d'un émulseur spécial compatible avec les produits polaires).

En général, l'eau seule n'est pas recommandée car elle peut favoriser la propagation de l'incendie. On pourra toutefois l'utiliser sous forme pulvérisée pour éteindre un feu peu important ou pour refroidir les récipients exposés au feu et disperser les vapeurs.

En raison de la toxicité des fumées émises lors de la combustion du méthacrylate de méthyle (notamment du monoxyde de carbone), les intervenants, qualifiés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection spéciales.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

Le méthacrylate de méthyle est absorbé chez l'homme comme chez l'animal par voies digestive et inhalatoire ; il est transformé majoritairement en CO₂ et exhalé. Quelques métabolites urinaires ont été décrits.

Chez l'animal

Absorption

Le méthacrylate de méthyle est rapidement absorbé principalement par voies pulmonaire et orale. *In vitro*, il traverse la peau humaine ; l'absorption, faible sans occlusion (0,56 %), est augmentée sous occlusion, ce qui suggère une forte évaporation au niveau de l'épiderme.

Après exposition du rat par inhalation (tête seule, 100 ppm), la concentration de méthacrylate de méthyle dans le sang (0,11 mg/mL), les poumons (20,6 µg/g) et le cerveau (25,2 µg/g) est indépendante de la durée d'exposition jusqu'à 4 heures. Quand la concentration augmente, 10 à 20 % du méthacrylate de méthyle respiré se dépose dans le tractus respiratoire supérieur où il est hydrolysé par les carboxylestérases des cellules épithéliales en acide méthacrylique [9].

Distribution

La concentration de méthacrylate de méthyle se modifie rapidement au niveau sérique ; chez le rat, après administration d'une dose de 800 mg/kg par gavage, la concentration maximale est atteinte en 10 à 15 min et la décroissance se fait en 50 min. *In vitro*, la demi-vie dans le sang humain est de 10 à 40 minutes.

Le méthacrylate de méthyle radiomarké se distribue, après injection intraveineuse (i.v.) chez le rat, essentiellement dans le sang, le cœur, les poumons, le foie, les reins et les glandes salivaires ; une partie est retrouvée dans les vésicules séminales [1].

Métabolisme

Il est rapidement métabolisé, essentiellement dans le foie. D'après l'expérimentation animale, il existerait plusieurs voies métaboliques possibles :

- la première, probablement la plus importante, est la voie oxydative, aboutissant à la formation de dioxyde de carbone par l'intermédiaire du cytochrome P450 et du cycle des acides tricarboxyliques (cycle de Krebs) ;
- la deuxième, sous l'action d'une carboxylestérase, aboutit à une hydrolyse avec formation de méthanol et d'acide méthacrylique ; ce dernier, conjugué à l'acétyl-coenzyme A, entrerait dans le métabolisme des lipides ;
- une troisième, plus annexe, est une voie de conjugaison au glutathion, sous l'action de la glutathion-S-transférase, aboutissant à la formation d'acide mercapturique (N-acétyl-S-(2-carboxypropyl)cystéine), probablement lorsque la voie oxydative de détoxification est saturée par une forte dose.

Excrétion

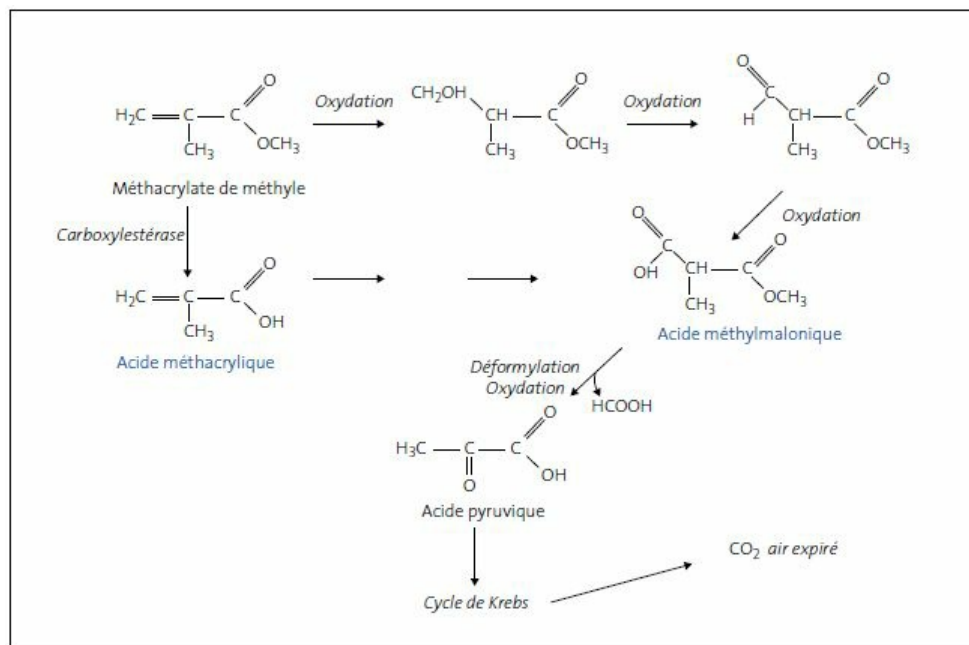
Après administration unique de ¹⁴C-méthacrylate de méthyle par voie orale (120 mg/kg) ou intraveineuse (i.v.) (6,8 mg/kg) chez le rat, 76 à 88 % des molécules marquées sont excrétées dans l'air expiré en 10 jours (dont moins de 1,4 % de produit inchangé), 7 à 14 % dans l'urine, 1,7 à 3 % dans les fèces et le reste est retenu dans le foie et le tissu adipeux. Les métabolites urinaires mis en évidence sont des intermédiaires du métabolisme (acides méthylmalonique, succinique, hydroxyisobutyrique et 2-formylpropionique) ainsi que des quantités mineures d'acide mercapturique, de thioéthers et des traces du composé parental [1, 9].

Chez l'homme

Le méthacrylate de méthyle est absorbé par voies orale et inhalatoire ; le passage percutané a été montré *in vitro*. Après implantation de ciments de polyméthacrylate de méthyle dans la cavité fémorale, le pic de concentration dans le sang du patient est atteint en 30 à 120 secondes ; la demi-vie d'élimination sanguine est de 47 à 55 minutes. La substance tend à s'accumuler dans la moelle osseuse.

Le méthacrylate de méthyle est hydrolysé par des carboxylestérases sériques non spécifiques en acide méthacrylique et méthanol puis le métabolisme semble être identique à celui de l'animal. Chez les ouvriers exposés (0,4 à 112 ppm, 8 h), il existe une relation linéaire entre les concentrations sanguine, sérique et urinaire de méthanol et la concentration de méthacrylate de méthyle dans l'air ; cependant, seuls 1,5 % de la substance inhalée sont éliminés sous forme de méthanol dans l'urine. L'élimination du CO₂, provenant du métabolisme du méthacrylate de méthyle, dans l'air expiré a lieu dans les 60 secondes après la détection du méthacrylate de méthyle dans le sang [1, 19].

Schéma métabolique



Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[1]

La toxicité aiguë du méthacrylate de méthyle par voies orale, inhalatoire ou cutanée est faible. C'est une substance irritante pour la peau et le tractus respiratoire et sensibilisante.

Les DL50 orales pour le rat, la souris, et le lapin sont > 5000 mg/kg ; par inhalation, chez le rat et la souris, les CL50 sont > 25 mg/L/4 h. La toxicité cutanée chez le lapin apparaît au-delà de 5000 mg/kg sous occlusion.

Le signe clinique majeur chez le rat, la souris et le lapin par voies orale et inhalatoire est une augmentation de la fréquence respiratoire en 2 à 5 min, suivie par une baisse en 15 à 40 minutes ; une dépression du système nerveux central, une modification de coloration de la peau et une piloérection accompagnent les effets respiratoires. La prostration et la narcose précèdent la mort par arrêt respiratoire.

À l'autopsie, on observe, chez le chien exposé par voie orale (5 mL/kg), des modifications dégénératives dans les tubes rénaux et, chez le rat exposé par inhalation (100 ppm pendant 2 h), une congestion pulmonaire, avec ou sans hémorragie, une vasodilatation et un œdème pulmonaires. Administré par voie cutanée sous occlusion, le méthacrylate de méthyle induit, chez le lapin (38 mg/kg, durée non précisée), une irritation et une dépression temporaire du système nerveux central.

Le méthacrylate de méthyle est un irritant de la peau du lapin (avec formation d'œdème et d'escarres) ; administré sous forme non diluée dans l'œil, il n'a pas d'autre effet qu'une conjonctivite après 24 heures. Au niveau pulmonaire chez le rat, il induit congestion, vasodilatation et œdème résultant d'une irritation pulmonaire et alvéolaire probablement liée à la transformation du méthacrylate de méthyle en acide méthacrylique.

De nombreux tests de sensibilisation cutanée chez le cobaye donnent des résultats positifs avec des solutions dont la concentration est d'au moins 50 %.

Toxicité subchronique, chronique

[1, 7]

Dans les études subaiguës, subchroniques et chroniques par inhalation, chez le rat et la souris, la cible principale du méthacrylate de méthyle est le tractus respiratoire et en particulier la cavité nasale. Après exposition orale à forte dose, seul le système nerveux central est atteint.

Chez le rat, le tissu cible est l'épithélium olfactif, montrant dégénérescence et/ou nécrose à des concentrations supérieures ou égales à 100 ppm. Les lésions nasales (excepté la nécrose) induites par une exposition à 100 ppm sont réversibles en 4 à 13 semaines. À des concentrations supérieures ou égales à 400 ppm ou en cas d'expositions prolongées (2 ans), on observe, au niveau de la cavité nasale, des infiltrats inflammatoires dans l'épithélium olfactif et respiratoire, une augmentation du nombre de glandes sous muqueuses, une hyperplasie des cellules de Goblet et une inflammation de la muqueuse. À 400 ppm, l'épithélium olfactif est remplacé par un épithélium respiratoire ; cette métaplasie persiste même après 13 semaines de récupération. La NOAEC est de 25 ppm (104 mg/m³). La souris exposée à long terme présente des lésions de l'épithélium olfactif à des concentrations supérieures ou égales à 500 ppm. Le hamster ne présente pas de lésion au niveau du tractus respiratoire.

En dehors du tractus respiratoire, le méthacrylate de méthyle induit une létalité (≥ 2000 ppm), un retard de croissance, une baisse de poids corporel (souris ≥ 500 ppm, rat ≥ 400 ppm), des nécroses dans le foie et les reins (souris ≥ 2000 ppm) et une atrophie des follicules spléniques et de la moelle osseuse (rat, 5000 ppm). Un effet sur le système nerveux central (apathie, réduction de l'activité locomotrice et de l'apprentissage) a été montré chez le rat après exposition orale à 500 mg/kg/j pendant 21 jours. Une exposition dans l'eau de boisson ne provoque aucun effet, chez le rat, jusqu'à une dose de 136 mg/kg/j pendant 2 ans.

Effets ototoxiques

Effets génotoxiques

[1]

Le méthacrylate de méthyle est clastogène *in vitro* à des doses cytotoxiques ; *in vivo*, les tests pratiqués sont négatifs.

In vitro, le test d'Ames est négatif avec et sans activateurs métaboliques. Dans les cultures de cellules de mammifères, le méthacrylate de méthyle est un clastogène fortement toxique. Il induit :

- dans les cellules ovariennes de hamster chinois, en relation avec la dose, avec ou sans activateurs métaboliques, une cytotoxicité liée à la durée de traitement, une inhibition de la synthèse de l'ADN, des aberrations chromosomiques de type chromatidiennes (essentiellement lacunes et cassures) et des échanges entre chromatides sœurs [20] ;
- dans les cellules de lymphome de souris, des mutations géniques en présence d'activateurs métaboliques ainsi qu'une légère augmentation des échanges entre chromatides sœurs.

In vivo, un test d'induction de micronoyaux dans la moelle osseuse de rat, exposé par voie orale, donne des résultats négatifs jusqu'à la dose de 4520 mg/kg ; un test de létalité dominante chez la souris est également négatif.

Effets cancérogènes

[1, 21]

Le méthacrylate de méthyle n'a pas montré d'effet cancérogène chez l'animal dans les tests pratiqués.

Chez le rat, exposé à 100 et 400 ppm pendant 2 ans par inhalation, seuls 2 animaux sur 98 présentent des adénomes de l'épithélium respiratoire de la cavité nasale. Chez le rat et la souris par inhalation (500 et 1000 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, 102 sem), on observe une baisse de poids, une inflammation de la cavité nasale et une dégénérescence de l'épithélium olfactif. Il n'y a pas de développement tumoral en dehors d'une augmentation marginale de leucémies à cellules mononucléées chez les rats femelles [22]. Chez le hamster (0 - 25 - 100 - 400 ppm, 6 h/j, 5 j/sem, 78 sem), l'exposition induit une baisse de poids et une létalité à la forte concentration, mais pas de tumeur.

Exposés par voie orale, le chien (10 - 100 - 1000 ppm, encapsulés dans de la gélatine pendant 2 ans) et le rat (660 - 2000 ppm dans l'eau de boisson, pendant 2 ans) ne développent pas de tumeur ; cependant des insuffisances méthodologiques limitent sérieusement la signification de ces résultats.

Effets sur la reproduction

[1]

Par inhalation, le méthacrylate de méthyle n'a pas d'effet sur la fertilité ou le développement de l'animal même à des concentrations toxiques pour les mères.

Fertilité

Une étude de létalité dominante, où seules les souris mâles ont été exposées à la substance (100 - 1000 - 9000 ppm, 6 h/j, 5 j), ne révèle aucune toxicité sur la fertilité ou le développement préimplantatoire ; cependant la durée de traitement choisie est très courte en comparaison de la durée du cycle de spermatogenèse (35 j).

Développement

Plusieurs études ont été menées, par inhalation chez le rat (0 - 99 - 304 - 1178 - 2028 ppm ou 0 - 100 - 1000 ppm, 6 h/j du 6^e au 15^e jour de gestation). Le méthacrylate de méthyle induit une toxicité maternelle, objectivée par une baisse de poids et de prise de poids, mais pas d'embryo- ou foetotoxicité ni d'augmentation des malformations. La NOAEL pour la toxicité maternelle est de 1000 ppm. À très fortes concentrations (27 800 ppm pendant 54 min, du 6^e au 15^e jour de gestation), on observe une augmentation légère mais significative de la foetolétalité précoce, une baisse de poids fœtal, des hématomes et un retard d'ossification.

Injecté par voie parentérale, chez le rat (i.p., 0,133 - 0,266 - 0,443 mL/kg aux 5^e, 10^e et 15^e jours de gestation) et le lapin (0,004 - 0,04 - 0,4 mL/kg/j du 6^e au 18^e jour de gestation), le méthacrylate de méthyle induit, chez le rat, des hémangiomes chez le fœtus et, chez le lapin, à la plus forte dose uniquement, des résorptions précoces ainsi qu'une baisse de poids fœtal.

Toxicité sur l'Homme

Les principaux effets aigus décrits avec le méthacrylate de méthyle sont des effets irritants de la peau et des muqueuses. Lors d'expositions chroniques, des sensibilisations cutanées et des asthmes sont observés ainsi que des atteintes neurologiques. Les données actuellement disponibles chez l'homme ne permettent pas de conclure quant à une éventuelle cancérogénicité du méthacrylate de méthyle.

Toxicité aiguë

Le méthacrylate de méthyle est modérément irritant pour la peau et les muqueuses respiratoires, oculaires et nasales. Son action est moins importante que celle des acrylates de poids moléculaire inférieur [1, 4].

Des signes d'irritation cutanée (à type d'érythème ou plus rarement de brûlure) ou oculaire (à type de conjonctivite) sont décrits.

L'irritation des voies aériennes supérieures peut apparaître après 20 à 90 minutes d'une exposition à des vapeurs de méthacrylate de méthyle à partir de 50 ppm ; les effets associent toux, dyspnée et parfois signes d'intoxication systémique à type de fièvre, malaise, nausées, douleur thoracique, céphalées ou endormissement [1, 4, 29].

Des signes d'intoxication systémique plus sévères sont rapportés lors d'inhalation aiguë à des concentrations supérieures à 2000 ppm ; on observe alors une tachypnée, un œdème pulmonaire voire une dépression respiratoire.

Une baisse de la pression artérielle pouvant aller jusqu'à l'arrêt cardiaque a été décrite chez des sujets opérés pour une plastie osseuse (dont le ciment est à base de méthacrylate de méthyle) ; on peut se poser la question du rôle possible du passage sanguin direct dans l'apparition de ces effets [1, 9].

Toxicité chronique

[1, 4, 9]

L'exposition cutanée répétée au méthacrylate de méthyle est faiblement irritante ; il est à l'origine de dermatites d'irritation de contact, avec sécheresse cutanée plus particulièrement du dos des mains [1, 25].

De nombreux cas de sensibilisation cutanée (eczéma de contact, eczéma manuporté ou aéroporté, urticaires) confirmés par des patch-tests ont été rapportés lors d'expositions professionnelles : chez les prothésistes dentaires et dentistes notamment lors de l'utilisation de résines composites, de prothèses dentaires ou de ciments à base de méthacrylate de méthyle ; dans les professions médicales et paramédicales en particulier au contact de ciments de prothèse en orthopédie ; chez les salariés de la fabrication des plastiques durs (plexiglas par exemple) dont le méthacrylate de méthyle est le principal constituant. Parmi les différents méthacrylates, le méthacrylate de méthyle n'est pas le plus allergisant ; la fréquence de la sensibilisation cutanée dans une population de techniciens dentistes est cependant estimée à 15 %. Des allergies croisées avec d'autres méthacrylates sont possibles.

La forme la plus typique de l'eczéma de contact est la pulpite douloureuse hyperkératosique, avec souvent diminution de la sensibilité tactile au niveau de la zone de contact avec le méthacrylate de méthyle ; l'association à des paresthésies des doigts (brûlures, fourmillements, sensation de froid et de douleur) persistantes même après guérison de la dermatose est très spécifique des acrylates et en particulier du méthacrylate de méthyle [1, 24].

Des cas d'allergies cutanées ont également été observés chez des patients soit porteurs de prothèses auditives, dentaires, ou d'ongles artificiels soit ayant eu une intervention avec pose de ciment osseux à base de méthacrylate de méthyle [1].

Sur le plan respiratoire, des signes d'irritation respiratoire à type de toux sont observés par de nombreux auteurs lors d'expositions professionnelles au méthacrylate de méthyle dès 150 ppm ; ils peuvent être associés à des troubles ventilatoires obstructifs ou restrictifs chroniques (parfois isolés) aux épreuves fonctionnelles respiratoires [1, 29].

Plusieurs cas d'asthme professionnel ont été rapportés ; leur mécanisme n'est pas clairement identifié (mécanisme irritatif et/ou immuno-allergique). Les principales professions concernées sont les professions de santé (infirmières en chirurgie orthopédique, personnels dentaires et ouvriers des plastiques lors de leur usinage...) [1, 9, 23].

D'autres types d'atteintes respiratoires ont été décrits comme des obstructions bronchiques chez des ouvriers de la chimie organique ou des plastiques exposés au méthacrylate de méthyle [1, 23]. Deux cas de pneumopathie d'hypersensibilité ont été rapportés chez des étudiants en dentaire dès les premières semaines d'exposition au méthacrylate de méthyle, avec amélioration à l'arrêt de l'exposition et rechute à la reprise [26].

Sur le plan neurologique, des manifestations, le plus souvent fonctionnelles, sont rapportées dans plusieurs études chez les sujets professionnellement exposés ; elles associent irritabilité, asthénie, céphalées, malaise, nausées et vertiges, troubles du sommeil, de la concentration et de la mémoire [1].

Des anomalies olfactives proportionnelles à l'intensité et à la durée de l'exposition ont été décrites chez des ouvriers exposés à de nombreux produits chimiques dont le méthacrylate de méthyle [9].

Une atteinte neurologique périphérique, associant paresthésies, blanchiment, engourdissement et sensation de froid et de douleurs des doigts, est rapportée dans plusieurs études en particulier chez les prothésistes dentaires. Dans ces cas, la diminution des vitesses de conduction nerveuse sensibles distales, témoigne d'une dégénération axonale dans les territoires en contact avec le méthacrylate de méthyle [1, 29].

Sur le plan cardiaque, une étude russe retrouve chez des ouvriers exposés au méthacrylate de méthyle, des cardio-myodystrophies avec anomalies électrocardiographiques. Ces anomalies ne sont pas confirmées par d'autres auteurs [1, 30].

Sur le plan hépatique, une élévation discrète et transitoire des transaminases et des phosphatases alcalines a été retrouvée chez des patients ayant subi une plastie osseuse avec du méthacrylate de méthyle. Les études réalisées en milieu professionnel ne retrouvent pas d'anomalie hépatique [29].

Effets génotoxiques

Une étude ancienne conduite chez 5 travailleurs exposés au chloroprène et au méthacrylate de méthyle à des concentrations allant de 0,1 à 0,5 ppm, n'a pas retrouvé d'augmentation significative de la fréquence des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants [4, 21].

Une étude conduite chez 31 travailleurs exposés au méthacrylate de méthyle à des concentrations allant de 0,7 à 21,6 ppm, n'a pas mis en évidence d'augmentation significative de la fréquence des échanges de chromatides sœurs dans les lymphocytes circulants comparés à 31 témoins appariés sur l'âge et le tabac [1, 5].

Aucune augmentation significative de la fréquence des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants n'a été notée chez 38 hommes exposés professionnellement à des concentrations allant de 0,9 à 71,9 ppm de méthacrylate de méthyle lors de la fabrication de verres à base de polyméthacrylate de méthyle ; le nombre d'échanges de chromatides sœurs était légèrement augmenté chez les exposés comparés aux témoins, probablement en raison de l'âge plus élevé des exposés [1, 3, 5].

Effets cancérogènes

Une vaste étude de mortalité a été conduite aux États-Unis parmi 13 863 sujets exposés professionnellement à des vapeurs de méthacrylate de méthyle dans deux entreprises de fabrication de plaques acryliques entre les années 1933 et 1982. Un excès significatif de mortalité par cancer du colon est retrouvé dans la cohorte 1933 - 1945, en particulier chez les sujets les plus exposés dans les années 1940 (et non significatif dans la cohorte 1943 - 1982) ainsi qu'un excès non significatif de cancer du rectum dans la cohorte 1933 - 1945, comprenant 3934 hommes. À noter une exposition conjointe à l'acrylate d'éthyle ainsi qu'à d'autres composés volatils formés pendant le processus [1, 21].

Une autre étude de mortalité a été réalisée chez 2671 hommes travaillant dans deux entreprises de fabrication de résines acryliques entre les années 1957 et 1974. Parmi 1561 exposés au méthacrylate de méthyle à des concentrations inférieures ou égales à 1 ppm, aucun excès de mortalité par cancer (et en particulier de cancers du colon) n'est noté en dehors d'un excès limité de cancers du poumon [1].

Une étude de cohorte menée aux États-Unis chez 2178 hommes ne retrouve pas d'excès de cancers du colon (SMR 1,05) ; le niveau d'exposition n'est pas connu (étude citée dans [1] et dans [9]).

Une étude de mortalité a été menée en 1995 au Royaume-Uni chez 4324 travailleurs de 2 entreprises produisant du polyméthacrylate de méthyle et exposés au méthacrylate de méthyle entre les années 1949 et 1988. La durée moyenne d'exposition est de 7,6 ans à raison en moyenne de 13,2 ppm, 8 h/jour (avec des pics pouvant atteindre 100 ppm). Aucun excès significatif de mortalité par cancer colorectal ou par cancer toutes causes confondues n'est observé, ni aucune relation avec la durée d'exposition [28].

Une revue récente de la littérature, à partir des données publiées et non publiées sur la carcinogénicité du méthacrylate de méthyle, retrouve des excès de cancers respiratoires, gastriques et colorectaux dans quelques cohortes ; la relation avec l'exposition au méthacrylate de méthyle semble peu probable pour les cancers respiratoires et gastriques en raison des facteurs de risque associés tabac et alimentation ; quant à l'excès de cancers colorectaux, observés essentiellement dans la première étude, il reste inexpliqué. Les auteurs concluent que le méthacrylate de méthyle ne peut être considéré comme un cancérigène pour l'homme et ce en raison de la non cohérence des résultats entre les différentes études et de l'absence de relation dose-réponse [27].

Effets sur la reproduction

Une étude fait état d'une augmentation statistiquement significative du nombre d'avortements spontanés précoces et tardifs chez les femmes les plus exposées et du nombre de malformations chez des enfants de mères les plus exposées au méthacrylate de méthyle entre 1976 et 1985 ; en l'absence de précision sur les conditions d'exposition et de détails sur les effets observés, il est difficile de conclure sur une éventuelle relation causale avec l'exposition au méthacrylate de méthyle [1].

Deux études russes font état d'une augmentation significative de la fréquence des troubles sexuels et des anomalies des dosages hormonaux (FSH, LH, testostérone, estradiol), réversibles 1 à 2 ans après arrêt de l'exposition, chez des hommes et des femmes exposés à des niveaux supérieurs à 5 fois la valeur limite d'exposition utilisée en URSS à cette époque (soit plus de 12 ppm de méthacrylate de méthyle) ; la fréquence des anomalies semblait proportionnelle au niveau et à la durée d'exposition [1, 31 à 33].

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : Juin 2019.

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

Sécurité et santé au travail

Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.
- Articles R. 4227-42 à R. 4227-57 du Code du travail.
- Articles R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9 du Code de l'environnement (produits et équipements à risques).

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-149 du Code du travail : Décret n° 2012-746 du 9 mai 2012.

Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

Maladies professionnelles

- Article L. 461-4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableau n° 82.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.

Classification et étiquetage

a) **substance** méthacrylate de méthyle

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage du méthacrylate de méthyle figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- Liquides inflammables, catégorie 2 ; H225
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition unique, catégorie 3 : Irritation des voies respiratoires ; H335
- Irritation cutanée, catégorie 2 ; H315
- Sensibilisation cutanée, catégorie 1 ; H317

b) **mélanges** contenant du méthacrylate de méthyle

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Protection de la population

Se reporter aux règlements modifiés (CE) 1907/2006 (REACH) et (CE) 1272/2008 (CLP). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé de la santé.

Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement : les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.

Pour consulter des informations thématiques sur les installations classées, veuillez consulter le site (<https://aida.ineris.fr>) ou le ministère chargé de l'environnement et ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur (<https://unece.org/fr/about-adr>). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Au point de vue technique

Information et formation des travailleurs

- **Instruire le personnel** des risques présentés par la substance, des précautions à observer, des mesures d'hygiène à mettre en place ainsi que des mesures d'urgence à prendre en cas d'accident.
- **Former les opérateurs** à la manipulation des moyens d'extinction (extincteurs, robinet d'incendie armé...).
- **Former les opérateurs** au risque lié aux atmosphères explosives (risque ATEX) [16].
- Observer une **hygiène corporelle et vestimentaire** très stricte : Lavage soigneux des mains (savon et eau) après manipulation et changement de vêtements de travail. Ces vêtements de travail sont fournis gratuitement, nettoyés et remplacés si besoin par l'entreprise. Ceux-ci sont rangés séparément des vêtements de ville. En aucun cas les salariés ne doivent quitter l'établissement avec leurs vêtements et leurs chaussures de travail.
- Ne pas **fumer, vapoter, boire** ou **manger** sur les lieux de travail.

Manipulation

- N'entreposer dans les ateliers que **des quantités réduites de substance** et ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- **Éviter tout contact** de produit avec la **peau** et les **yeux**. **Éviter l'inhalation** de vapeurs et d'aérosols. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** des vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur [34].
- **Réduire** le nombre de personnes exposées au méthacrylate de méthyle.
- Éviter tout rejet atmosphérique de méthacrylate de méthyle.
- Faire contrôler **annuellement** l'exposition atmosphérique des salariés au méthacrylate de méthyle par un **organisme accrédité, sauf dans le cas où** l'évaluation des risques a conclu à un **risque faible** (§ Méthodes de détection et de détermination dans l'air).
- Les équipements et installations conducteurs d'électricité utilisant ou étant à proximité du méthacrylate de méthyle doivent posséder des **liaisons équipotentielles** et être **mis à la terre**, afin d'évacuer toute accumulation de charges électrostatiques pouvant générer une source d'inflammation sous forme d'étincelles [35].
- Les opérations génératrices de sources d'inflammation (travaux par point chaud type soudage, découpage, meulage...) réalisées à proximité ou sur les équipements utilisant ou contenant du méthacrylate de méthyle doivent faire l'objet d'un **permis de feu** [36].
- Au besoin, les espaces dans lesquels la substance est stockée et/ou manipulée doivent faire l'objet d'une **signalisation** [37].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du méthacrylate de méthyle sans prendre les précautions d'usage [38].
- Supprimer toute autre source d'exposition par contamination accidentelle (remise en suspension dans l'air, transfert vers l'extérieur ou contact cutané) en procédant à un **nettoyage régulier** des locaux et postes de travail.

Équipements de Protection Individuelle (EPI)

Le choix des EPI dépend des conditions au poste de travail et de l'évaluation des risques professionnels. Ils ne doivent pas être source d' **électricité statique** (chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges) [39, 40]. Une attention particulière sera apportée lors du **retrait des équipements** afin d'éviter toute contamination involontaire. Ces équipements seront éliminés en tant que déchets dangereux [41 à 44].

- Appareils de protection respiratoire : Leurs choix dépendent des conditions de travail ; si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A lors de la manipulation de la substance [45].
- Gants : Les matériaux préconisés pour un **contact prolongé** sont : alcool polyvinyle et Barrier®-PE/PA/PE. D'autres matériaux peuvent également être recommandés pour des **contacts intermittents** ou en cas d'**éclaboussure** : caoutchouc butyle. Certains matériaux sont à éviter : caoutchoucs naturel, néoprène et nitrile, polychlorure de vinyle et Viton® [46 à 48].
- Vêtements de protection : Quand leur utilisation est nécessaire (en complément du vêtement de travail), leurs choix dépendent de l'**état physique** de la substance. **Seul le fabricant** peut confirmer la protection effective d'un vêtement contre la substance. Dans le cas de vêtements réutilisables, il convient de **se conformer strictement à la notice du fabricant** [49].
- Lunettes de sécurité : La rubrique 8 « Contrôles de l'exposition / protection individuelle » de la FDS peut renseigner quant à la nature des protections oculaires pouvant être utilisées lors de la manipulation de la substance [50].

Stockage

- Stocker le méthacrylate de méthyle dans des locaux **frais** et **sous ventilation mécanique permanente**. Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, de toute source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...).
- Le stockage du méthacrylate de méthyle s'effectue habituellement dans des récipients en acier inoxydable ou en aluminium. Le verre blanc est utilisable pour de petites quantités ; dans ce cas, les récipients doivent être protégés par une enveloppe plus résistante convenablement ajustée. L'utilisation du polyéthylène haute densité, du polypropylène, du polytétrafluoroéthylène est également possible [2, 4]. Dans tous les cas, il convient de s'assurer auprès du fournisseur de la substance ou du matériau de stockage de la **bonne compatibilité** entre le matériau envisagé et la substance stockée.
- **Fermer soigneusement** les récipients et les étiqueter conformément à la réglementation. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement.
- Le sol des locaux sera **imperméable** et formera **une cuvette de rétention** afin qu'en cas de déversement, la substance ne puisse se répandre au dehors.
- Mettre le matériel **électrique et non-électrique**, y compris l'**éclairage** et la **ventilation**, en conformité avec la réglementation concernant les atmosphères explosives.
- Mettre à disposition dans ou à proximité immédiate du local/zone de stockage des moyens d'extinction adaptés à l'ensemble des produits stockés.
- **Séparer** le méthacrylate de méthyle des produits comburants. Si possible, la stocker **à l'écart** des autres produits chimiques dangereux.

Déchets

- Le stockage des déchets doit suivre les mêmes règles que le stockage des substances à leur arrivée (§ stockage).
- Ne pas rejeter à l'égout ou dans le milieu naturel les eaux polluées par le méthacrylate de méthyle.
- Conserver les déchets et les produits souillés dans des récipients spécialement prévus à cet effet, **clos et étanches**. Les éliminer dans les conditions autorisées par la réglementation en vigueur.

En cas d'urgence

- En cas de déversement accidentel de liquide, récupérer le produit en l'épongeant avec un **matériau absorbant inerte**. Laver à grande eau la surface ayant été souillée [51].
- Si le déversement est important, **aérer** la zone et **évacuer** le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs **entraînés et munis d'un équipement de protection approprié**. Supprimer toute source d'inflammation potentielle.
- Des appareils de protection respiratoires isolants autonomes sont à prévoir **à proximité et à l'extérieur** des locaux pour les interventions d'urgence.
- Prévoir l'installation de **fontaines oculaires** et de **douches de sécurité**.
- Si ces mesures ne peuvent pas être réalisées sans risque de sur-accident ou si elles ne sont pas suffisantes, contacter les équipes de secours interne ou externe au site.

Au point de vue médical

- **Eviter d'exposer** à des postes comportant un risque d'exposition importante et répétée les sujets atteints d'affections cutanées, respiratoires ou neurologiques chroniques sévères ainsi que ceux atteints d'un antécédent d'allergie aux acrylates.
- **Lors des visites initiales et périodiques :**
 - **Examen clinique :** Rechercher particulièrement des lésions cutanée et oculaire, ainsi que des atteintes neurologique et respiratoire.
 - **Examens complémentaires :** L'examen clinique initial peut être complété par des épreuves fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examens de référence. La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires (épreuves fonctionnelles respiratoires, ...) seront déterminées par le médecin du travail en fonction des données de l'examen clinique et de l'appréciation de l'importance de l'exposition.
- **Fertilité :** Des difficultés de conception chez l'homme et/ou la femme seront systématiquement recherchées à l'interrogatoire. Si de telles difficultés existent, le rôle de l'exposition professionnelle doit être évalué. Si nécessaire, une orientation vers une consultation spécialisée sera proposée en fournissant toutes les données disponibles sur l'exposition et les produits [31].

Conduites à tenir en cas d'urgence

- **En cas de contact cutané,** retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- **En cas de projection oculaire,** rincer immédiatement et abondamment les yeux à l'eau courante pendant au moins 15 minutes, paupières bien écartées. En cas de port de lentilles de contact, les retirer avant le rinçage. Si une irritation oculaire apparaît, consulter un ophtalmologiste et le cas échéant lui signaler le port de lentilles.
- **En cas d'inhalation,** appeler rapidement un centre antipoison. Transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. Si nécessaire, retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et commencer une décontamination cutanée et oculaire (laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes). En cas de symptômes, consulter rapidement un médecin.
- **En cas d'ingestion,** appeler rapidement un centre antipoison. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, faire rincer la bouche avec de l'eau, ne pas faire boire, pas tenter de provoquer des vomissements. En cas de symptômes, consulter un médecin.
- **Autres :** déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols de cette substance.

Bibliographie

- 1 | Methyl methacrylate. Risk assessment report. Volume 22, European Union Risk Assessment Report, ECHA, 2002 (<https://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals>).
- 2 | Kirk-othmer - Encyclopedia of chemical technology. 5^e éd. New-York : John Wiley & Sons ; 2006 ; 16 : 227-270.
- 3 | Methyl methacrylate. In : Patty's Toxicology. 5^e éd. New York : John Wiley & Sons ; 2001 ; 6 : 597-615.

- 4 | Methyl methacrylate. In : HSDB. NLM, 2008 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 5 | Methyl methacrylate. Concise international chemical assessment, document 4. International Programme on Chemical Safety. Geneva : World Health Organization, United Nations Environment Programme, International Labour Organisation ; 1998 (www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad04.htm).
- 6 | Lewis RJ - Hawley's condensed chemical dictionary. 14^e éd. New York : John Wiley & Sons ; 2001, 763 p.
- 7 | Methyl Methacrylate. OECD Screening Information DataSet (SIDS). High production volume chemicals initial assessment profile, 2001 (<http://www.inchem.org/pages/sids.html>).
- 8 | Méthacrylate de méthyle. Liste des VLEP françaises. INRS (<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil65>).
- 9 | Methyl methacrylate. ACGIH Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values. CD-ROM ; 2018.
- 10 | Esters M-54. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2017 (<http://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>).
- 11 | Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse des gaz et vapeurs organiques. Prélèvement par pompage sur tube à adsorption et désorption au solvant. Norme NF X 43-267. La Plaine Saint Denis : AFNOR, 2014.
- 12 | Methyl and ethyl methacrylate. Method 2537. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition, NIOSH, 2003 (<https://www.cdc.gov/niosh/nmam/>).
- 13 | Methyl methacrylate. Method 94. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1992 (<https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>).
- 14 | MDHS 88. Volatile organic compounds in air. Laboratory method using diffusive samplers, solvent desorption and gas chromatography. HSE, 1997 (<http://www.hse.gov.uk/pubns/mdhs/>).
- 15 | Volatil Organic Compounds, C1 to C10, Canister Method. Method 3900. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 5th edition, NIOSH, 2018 (<https://www.cdc.gov/niosh/nmam/>).
- 16 | Mise en oeuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique ED 945. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 17 | Evaluation du risque incendie dans l'entreprise. Guide méthodologique ED 970. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 18 | Les extincteurs d'incendie portatifs, mobiles et fixes. Brochure ED 6054. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 19 | Mizunuma K, Kawai T, Yasugi T, Horiguchi S et al. - Biological monitoring and possible health effects in workers occupationally exposed to methyl methacrylate. *Int Arch Occup Environ Health*. 1993 ; 65(4) : 227-32.
- 20 | Yang HW, Chou LS, Chou MY, Chang YC - Assessment of genetic damage by methyl methacrylate employing in vitro mammalian test system. *Biomaterials*. 2003 ; 24 (17) : 2909-2914.
- 21 | Methyl Methacrylate. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Lyon : Centre international de recherche sur le cancer (CIRC/IARC) ; 1994 ; 60 : 445-474.
- 22 | Toxicology and carcinogenesis studies of methyl methacrylate (Cas n° 80-62-6) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). National Toxicology Program, Technical report series n° 314 ; 1986 (<https://ntp.niehs.nih.gov/>).
- 23 | Rosenberg N - Allergie respiratoire aux acrylates, méthacrylates et cyanoacrylates. *Documents pour le médecin du travail*, 88 TR 28. 2001 ; 88 : 411-418.
- 24 | Crepy MN - Dermatoses professionnelles aux résines polyacrylates et polyméthacrylates. *Documents pour le médecin du travail*, 87 TA 63. 2001 ; 87 : 345-354.
- 25 | Golbabaie F, Mamdouh M, Jelyani KN, Shahtaheri SJ - Exposure to methyl methacrylate and subjective symptoms among dental technicians. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* (JOSE). Tehran, Iran ; 2005 ; 11 (3) : 283-289.
- 26 | Scherpereel A, Tillie Leblond I, Pommier de Santi P, Tonnel AB - Exposure to methyl methacrylate and hypersensitivity pneumonitis in dental technicians. *Allergy*. 2004 ; 59 (8) : 890-2.
- 27 | Tomenson JA, Carpenter AV, Pemberton MA - Critical review of the epidemiology literature on the potential cancer risk of methyl methacrylate. *Int Arch Occup Environ Health*. 2005 ; 78 : 603-612.
- 28 | Tomenson JA et al. - Study of the cohorts of workers exposed to methyl methacrylate in acrylic sheet production. *Occup Environ Med*. 2000 ; 57 : 810-817.
- 29 | Nishiwaki Y, Saitoh T, Takebayashi T, Tanaka S, Etoh N et al. - Cross sectional study of health effects of methyl methacrylate monomer among dental laboratory technicians. *J Occup Health*. 2001 ; 43 : 375-378.
- 30 | Marez T, Shirali P, Haguenoer JM - Continuous ambulatory electrocardiography among workers exposed to methyl methacrylate. *Int Arch Occup Environ Health*. 1992 ; 64 (5) : 373-375.
- 31 | Méthacrylate de méthyle. In : DEMETER. Documents pour l'évaluation médicale des produits toxiques vis-à-vis de la reproduction. INRS, DEM 045, 2010 (<http://www.inrs.fr/publications/bdd/demeter.html>).
- 32 | Makarov IA - Sexual disorders in male workers occupationally exposed to methyl methacrylate and vinylchloride. *Gig Tr Prof Zabol*. Russia ; 1984 Jun ; (6) : 19-23.
- 33 | Makarov IA, Solov'eva MS, Gnelitskii GI - Sexual disorders in women chronically exposed to methyl methacrylate and vinyl chloride. *Gig Tr Prof Zabol*. 1984 Mar ; (3) : 22-7.
- 34 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 35 | Phénomènes électrostatiques. Brochure ED 6354. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 36 | Le permis de feu. Brochure ED 6030. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 37 | Signalisation de santé et de sécurité au travail - Réglementation. Brochure ED 6293. INRS (<http://www.inrs.fr/>).
- 38 | Cuves et réservoirs. Interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des équipements fixes utilisés pour contenir ou véhiculer des produits gazeux, liquides ou solides. Recommandation CNAM R 435. Assurance Maladie, 2008 (<http://www.ameli.fr/employeurs/prevention/recommandations-textes-de-bonnes-pratiques.php>).
- 39 | Vêtements de travail et équipements de protection individuelle - Propriétés antistatiques et critère d'acceptabilité en zone ATEX. Note documentaire ND 2358. INRS (<http://www.inrs.fr/>).

- 40 | EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion. Notes techniques NT33. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 41 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer sa tenue de protection en toute sécurité. Cas n°1 : Décontamination sous la douche. Dépliant ED 6165. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 42 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer sa tenue de protection en toute sécurité. Cas n°3 : Sans décontamination de la tenue. Dépliant ED 6167. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 43 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants à usage unique. Dépliant ED 6168. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 44 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants réutilisables. Dépliant ED 6169. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 45 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 46 | Des gants contre le risque chimique. Fiche pratique de sécurité ED 112. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 47 | Forsberg K, Den Borre AV, Henry III N, Zeigler JP – Quick selection guide to chemical protective clothing. 6th ed. Hoboken : John Wiley & Sons ; 260 p.
- 48 | Méthacrylate de méthyle. In : ProtecPo Logiciel de pré-sélection de matériaux de protection de la peau. INRS-IRSST, 2011 (<https://protecpo.inrs.fr/ProtecPo/jsp/Accueil.jsp>).
- 49 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 50 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 51 | Les absorbants industriels. Aide-mémoire technique ED 6032. INRS (<http://www.inrs.fr>).

Historique des révisions

| | |
|---|-----------|
| 1 ^{re} édition | 1993 |
| 2 ^e édition (mise à jour partielle) | 1997 |
| 3 ^e édition (mise à jour complète) | 2008 |
| 4 ^e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> ■ Étiquette ■ Valeurs limites d'exposition professionnelle ■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air ■ Réglementation | 2013 |
| 5 ^e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> ■ Utilisations ■ Propriétés chimiques ■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air ■ Incendie - Explosion ■ Réglementation ■ Recommandations ■ Bibliographie | Juin 2019 |