

2-Butoxyéthanol

Fiche toxicologique n°76 - Edition Septembre 2024

Généralités

Formule :



Substance(s)

Nom	Détails	
2-Butoxyéthanol	Famille chimique	Éthers de glycol
	Numéro CAS	111-76-2
	Numéro CE	203-905-0
	Numéro index	603-014-00-0
	Synonymes	EGBE ; Butylglycol ; Éther monobutylique de l'éthylène-glycol

Etiquette



2-BUTOXYÉTHANOL

Danger

- H302 - Nocif en cas d'ingestion
- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H319 - Provoque une sévère irritation des yeux
- H331 - Toxique par inhalation

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
203-905-0

Selon l'annexe VI du règlement CLP. Cet étiquetage harmonisé et la classification associée sont d'application obligatoire. Cette classification harmonisée doit être complétée le cas échéant par le metteur sur le marché (autoclassification) et la substance étiquetée en conséquence (cf. § "Classification et étiquetage" du chapitre "Réglementation").

Caractéristiques

Utilisations

[1, 3]

- Solvant dans l'industrie des peintures, vernis, laques et encres d'imprimerie.
- Produit entrant dans la formulation d'agents de nettoyage ménagers et industriels (produits d'entretien divers, lave-vitres, nettoyeurs moquette, dégraissants pour pièces métalliques, détachants textiles, agents antirouille...).
- Intermédiaire de synthèse organique, notamment pour la fabrication de l'acétate de 2-butoxyéthyle.
- Solvant dans l'industrie pharmaceutique (agent d'extraction, milieu réactionnel...), l'industrie électronique, dans la formulation de certaines colles.

- Solvant dans les colorants capillaires.

Propriétés physiques

[1 à 4]

Le 2-butoxyéthanol se présente sous forme d'un liquide incolore, d'odeur légèrement éthérée, perceptible dès 0,1 ppm.

Il est soluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques (cétones, alcools, éthers, hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures halogénés). Il dissout un grand nombre de substances telles que graisses, huiles et résines.

Nom Substance	Détails	
2-Butoxyéthanol	Formule	C₆H₁₄O₂
	N° CAS	111-76-2
	Etat Physique	Liquide
	Masse molaire	118,17 g/mol
	Point de fusion	-70 à -77 °C
	Point d'ébullition	170 à 172 °C
	Densité	0,90 à 20 °C
	Densité gaz / vapeur	4,1 (air = 1)
	Pression de vapeur	0,1 kPa à 20 °C
	Indice d'évaporation	0,08 (acétate de n-butyle = 1)
	Point d'éclair	60 à 68 °C (coupelle fermée)
	Température d'auto-inflammation	245 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite inférieure : 1,1 % à 93 °C Limite supérieure : 12,7 % à 135 °C
Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	0,8	

À 20 °C et 101 kPa, 1 ppm = 4,91 mg/m³.

Propriétés chimiques

[3]

Dans les conditions normales d'emploi, le 2-butoxyéthanol est un produit stable. Toutefois, il peut s'oxyder lentement au contact de l'air avec formation de peroxydes. Le processus est accéléré sous l'effet de la lumière ou de la chaleur.

Il peut réagir violemment avec les oxydants puissants (formation de peroxydes explosifs avec le peroxyde d'hydrogène, l'acide nitrique, les nitrates, l'acide perchlorique...) et les bases fortes.

Il possède le caractère amphiphile (à la fois hydrophile et hydrophobe) des éthers de glycol à tendance hydrophile plus marquée.

Il attaque les métaux légers (aluminium, magnésium) avec dégagement d'hydrogène.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP)

[5, 6]

Des VLEP dans l'air des lieux de travail ont été établies pour le 2-butoxyéthanol.

Substance	Pays	VLEP 8h (ppm)	VLEP 8h (mg/m ³)	VLEP CT (ppm)	VLEP CT (mg/m ³)	VLEP Description
2-Butoxyéthanol	France (VLEP réglementaires contraignantes - 2012)	10	49	50	246	mention peau
2-Butoxyethanol	Allemagne (valeurs MAK - 2019)	10	49	20	98	mention peau
2-Butoxyéthanol	Union européenne (2000)	20	98	50	246	mention peau

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

[7 à 10]

- Prélèvement par pompage de l'atmosphère au travers d'un tube rempli de charbon actif.
- Désorption à l'aide d'un mélange de diméthylformamide avec du sulfure de carbone ou du dichlorométhane pur ou encore en mélange avec du sulfure de carbone et/ou du méthanol.
- Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme ou par spectrométrie de masse.

Incendie - Explosion

[3, 4]

Le 2-butoxyéthanol est un liquide moyennement combustible (point éclair d'environ 60 °C). Cela signifie qu'il ne génère d'atmosphère explosive que s'il est chauffé (et au minimum à des températures voisines de son point d'éclair). Il ne faut cependant pas négliger la capacité du 2-butoxyéthanol à s'auto-enflammer facilement (température d'auto-inflammation d'environ 240 °C).

Il faut noter la formation d'hydrogène, gaz extrêmement inflammable (voir fiche toxicologique n° 326), suite à l'attaque de certains métaux par le 2-butoxyéthanol (voir paragraphe "Propriétés chimiques").

En cas d'incendie impliquant le 2-butoxyéthanol, les agents d'extinction préconisés sont les poudres chimiques ou l'eau avec additif ou sous forme de mousse (adjonction d'un émulseur spécial compatible avec les produits polaires) voire le dioxyde de carbone. En général, l'eau 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. Il faut prêter une attention particulière à un feu de 2-butoxyéthanol récemment éteint car il pourrait reprendre spontanément, du fait de sa capacité à s'auto-enflammer facilement (voir plus haut).

En raison de la toxicité des fumées (composées essentiellement d'oxydes de carbone) émises lors de la combustion de cette substance, les personnes chargées de la lutte contre l'incendie seront équipées d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants.

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[1, 11 à 22]

Le 2-butoxyéthanol est absorbé par voie digestive, cutanée ou pulmonaire.

Chez l'animal

Chez le rat, 70 - 80 % d'une dose orale sont retrouvés dans les urines après 48 heures.

L'absorption cutanée de 2-butoxyéthanol liquide est estimée à 20 - 30 % chez le rat. La vitesse de pénétration cutanée sur peau humaine *in vitro* varie entre 0,064 mg/cm²/h et 1,66 mg/cm²/h en fonction des études disponibles. *In vivo*, une étude donne un taux d'absorption de 2-butoxyéthanol pur de 7 - 96 nmoles/cm²/h (0,008 - 0,0114 mg/cm²/h). Le taux d'absorption cutanée varie en fonction de différents facteurs :

- espèce : la peau de rat semble 2 à 3 fois plus perméable que la peau de porc ou d'Homme ;
- la concentration de 2-butoxyéthanol dans le produit : l'absorption est maximale pour des solutions aqueuses de 40 à 80 % de 2-butoxyéthanol (environ 0,52 - 0,73 mg/cm²/h) ; elle est de l'ordre de 0,27 mg/cm²/h pour la substance pure et les solutions plus diluées.

Chez l'Homme, à la suite d'une exposition à des vapeurs, 11 à 39 % du total de 2-butoxyéthanol absorbé seraient dus à la pénétration percutanée. Une humidité importante accroît l'absorption.

Par inhalation, on estime que le pourcentage d'absorption n'est que de 55 à 60 % de la dose administrée quelle que soit l'espèce considérée. Cette particularité est due aux propriétés physico-chimiques du 2-butoxyéthanol : sa forte hydrosolubilité va permettre une adsorption sur les voies respiratoires supérieures pendant l'inspiration et sa volatilité, une élimination facilitée lors de l'expiration.

Après absorption, la substance est distribuée par la voie sanguine à tous les tissus. Le pic sanguin est atteint dans les 2 heures après une exposition cutanée ou inhalatoire quelle que soit l'espèce considérée. Chez l'animal, les organes dans lesquels on retrouve la majorité de 2-butoxyéthanol ou ses métabolites sont le foie, les reins, le thymus et le pré-estomac chez les rongeurs.

Le métabolisme du 2-butoxyéthanol a été étudié en détail chez le rat (voir schéma ci-dessous).

La voie métabolique principale aboutit à la formation d'acide 2-butoxyacétique. Les taux d'excrétion urinaire des métabolites sont fonction de la voie d'exposition : acide 2-butoxyacétique (56 - 61 % de la dose absorbée par voie orale ou cutanée et 39 - 43 % de la dose inhalée), éthylène-glycol (10 - 13 % de la dose absorbée par voie orale, 3,8 - 5,4 % de la dose absorbée par voie cutanée et 8,6 - 16,4 % de la dose inhalée), butoxyéthanol-glucuronide (6,4 - 8,4 % de la dose absorbée par voie orale, 10,1 - 12,9 % de la dose absorbée par voie cutanée et 6,1 - 11 % de la dose inhalée) et butoxyéthanol-sulfate (3 %). Une partie de la dose absorbée est métabolisée en CO₂ et excrétée dans l'air expiré (10 - 20 %), de faibles quantités de 2-butoxyéthanol inchangé (2 %) sont excrétées dans les urines. Il existe, jusqu'au seuil de saturation du métabolisme, une relation approximativement linéaire entre l'exposition et la production d'acide 2-butoxyacétique.

À des doses plus élevées (rat, 500 mg/kg), la voie de l'ADH et/ou de l'ALDH se sature et on observe une augmentation de l'excrétion des glucuron- et sulfoconjugués ; cependant, l'acide 2-butoxyacétique reste encore le métabolite principal. Bien que le conjugué N-acétylglycine n'ait pas été trouvé dans les urines de rats exposés, les auteurs émettent l'hypothèse, sur la base de données obtenues pour les autres éthers de glycol, d'une formation possible à de très fortes doses ou concentrations lorsque la voie métabolique aboutissant à l'éthylène-glycol est saturée.

Les rats présentent une différence de métabolisme selon l'âge, les plus jeunes étant plus aptes à excréter et/ou cataboliser l'acide 2-butoxyacétique. Cet effet expliquerait en partie la différence de sensibilité aux effets toxiques du 2-butoxyéthanol.

Surveillance biologique de l'exposition

[26]

La surveillance biologique de l'exposition au 2-butoxyéthanol est d'autant plus intéressante que le composé est peu volatil et que l'exposition par voie cutanée peut être prépondérante.

Le dosage de l'acide 2-butoxyacétique total urinaire (après hydrolyse) en fin de poste est l'indicateur à privilégier pour la surveillance biologique des expositions professionnelles au 2-butoxyéthanol. Cet indicateur est spécifique. Il s'agit du métabolite responsable d'effets hémolytiques observés chez l'animal ou *in vitro*. La variabilité interindividuelle est moins importante et la corrélation avec l'exposition meilleure que pour les concentrations urinaires d'acide 2-butoxyacétique libre. Des méthodes analytiques sensibles sont disponibles.

Des valeurs biologiques d'interprétation (VBI) professionnelles et issues de la population générale sont proposées par plusieurs organismes, notamment l'Anses en France.

Schéma métabolique

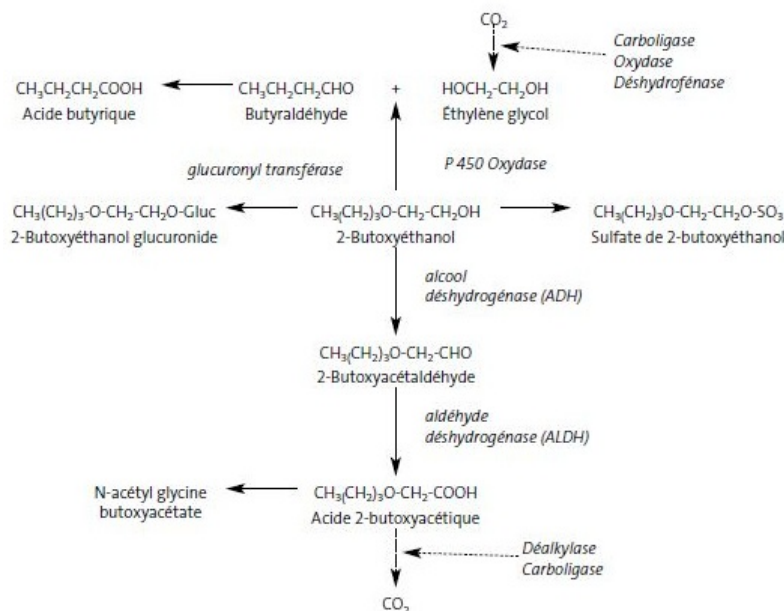


Schéma métabolique [12]

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

[12, 23]

Quelle que soit la voie d'administration (orale, inhalation, percutanée), les symptômes sont similaires chez les rongeurs : dépression du système nerveux central (narcose,...) et atteintes hématologiques (hémolyse, hémoglobinurie). Le 2-butoxyéthanol est irritant cutané et oculaire chez le lapin. Il n'est pas sensibilisant chez le cobaye.

Par inhalation, la CL₅₀ chez le rat est comprise entre 450 et 486 ppm pour une exposition de quatre heures. Elle est de 700 ppm pour 7 heures chez la souris et de 1300 ppm pour 7 heures chez le cobaye.

Par voie percutanée, la DL₅₀ est supérieure à 2000 mg/kg chez le rat. Des résultats très variables sont obtenus chez le cobaye (DL₅₀ comprise entre 208 et 6411 mg/kg), mais des résultats d'études récentes (réalisées selon les BPL) montrent une DL₅₀ supérieure à 2000 mg/kg.

Par voie orale, on trouve une DL₅₀ entre 1000 et 2000 mg/kg chez le rat et la souris dans des études relativement récentes. Chez le cobaye, la DL₅₀ est d'environ 1400 mg/kg. Chez le lapin, une étude ancienne donne une DL₅₀ de 320 - 370 mg/kg.

Quelle que soit la voie d'administration, les symptômes sont identiques : perte de coordination, narcose, hémolyse et hémoglobinurie chez les rongeurs. La létalité précoce est attribuée à l'effet narcotique ; les jours suivants, les animaux meurent des suites de lésions secondaires à l'hémolyse.

Le 2-butoxyéthanol est un irritant oculaire et cutané chez le lapin [24]. Il n'est pas sensibilisant chez le cobaye [24].

Toxicité subchronique, chronique

[1, 12]

L'exposition répétée au 2-butoxyéthanol entraîne chez le rongeur une baisse de poids corporel, des effets hématologiques (hémolyse) et des modifications du foie et des reins.

Effets hématologiques

Les propriétés hématotoxiques du 2-butoxyéthanol ont été largement étudiées. L'effet hémolytique est dû à l'acide butoxyacétique. On observe une anémie macrocytaire, régénérative, normochrome ou hypochrome. L'hémolyse induit une hyperplasie de la moelle osseuse et une hématopoïèse splénique accrue avec dépôts d'hémosidérine ; elle est due à une diminution de la déformabilité des érythrocytes causée par un gonflement de ceux-ci. Les causes qui provoquent ce gonflement ne sont pas encore complètement connues, toutefois, il semble que cette action soit due à un mécanisme osmotique mettant en jeu les canaux cellulaires Na/K avec une participation des ions Ca^{2+} . Les premiers effets s'observent à la concentration de 31 ppm chez le rat par inhalation et 69 mg/kg chez le rat par voie orale. Certaines espèces sont plus sensibles : rat, souris, hamster, babouin tandis que d'autres apparaissent plus résistantes : cobaye, cochon, chat, Homme. L'âge est également un facteur aggravant pour les propriétés hématotoxiques ; en effet, les animaux jeunes semblent plus résistants que les animaux âgés. Les femelles semblent plus sensibles que les mâles.

■ Effets hépatiques

Chez le rat, les effets rapportés après exposition par voie orale ou par inhalation sont une augmentation du poids relatif du foie accompagné d'une dégénérescence hépatocellulaire centrolobulaire, d'une altération cytoplasmique (éosinophilie, perte de granularité basophile) et d'une accumulation d'hémosidérine dans les cellules de Küpffer, secondaire à l'hématotoxicité. Ces lésions chroniques sont probablement des effets secondaires de l'hémolyse.

■ Effets rénaux

On observe chez le rat une augmentation du poids relatif des reins, une hémoglobinurie et/ou une hématurie, généralement transitoire. Ces effets sont probablement secondaires à l'hémolyse.

■ Effets sur le système immunitaire [17]

Il n'y a pas d'effet significatif en dehors d'une baisse (17 %) du poids absolu du thymus chez le rat mâle (4500 et 6000 ppm pendant 13 semaines dans l'eau de boisson).

Effets génotoxiques

Le 2-butoxyéthanol n'est pas mutagène in vitro et in vivo.

Le 2-butoxyéthanol et ses métabolites (2-butoxyacétaldéhyde et acide 2-butoxyacétique) ne sont pas mutagènes chez les bactéries. Deux essais de mutation génique sur trois, réalisés sur cellules de mammifère, sont négatifs, le troisième ayant donné des résultats positifs à de très fortes concentrations de 2-butoxyéthanol et de 2-butoxyacétaldéhyde (20 mM). Aucun test de mutation génique sur cellule de mammifère n'a été réalisé avec l'acide 2-butoxyacétique.

Des études de transformation cellulaire et d'échange de chromatides sœurs ont rapporté des résultats contradictoires. Les effets positifs d'échanges de chromatides sœurs pourraient être des artefacts dus à des retards dans le cycle cellulaire. Une étude montre une inhibition des jonctions intercellulaires avec le 2-butoxyéthanol et ses métabolites. Une seule étude de synthèse non programmée de l'ADN a été réalisée selon un protocole qui est maintenant considéré comme non valable par la communauté scientifique, le résultat de cet essai est jugé ininterprétable.

Aucune induction d'aberrations chromosomiques n'a été mise en évidence sur cellule de mammifère avec le 2-butoxyéthanol ou ses métabolites. Un léger effet aneugène a été mis en évidence dans un essai avec le 2-butoxyéthanol et le 2-butoxyacétaldéhyde mais pas avec l'acide 2-butoxyacétique. Les micronoyaux trouvés *in vitro* suite à une longue exposition au 2-butoxyacétaldéhyde et légèrement au 2-butoxyéthanol (mais pas à l'acide 2-butoxyacétique) semblent être dus à un effet aneugène plutôt qu'à des cassures chromosomiques.

In vivo, les tests de micronoyaux sur cellules de moelle osseuse sont négatifs ainsi que les tests d'interaction avec l'ADN de différents organes chez le rat.

Effets cancérogènes

[14, 18]

Aucun effet cancérogène n'a été noté chez le rat.

Deux études de cancérogénicité ont été réalisées par inhalation chez le rat et chez la souris. Elles montrent une augmentation de l'incidence des hémangiosarcomes chez la souris mâle à la dose de 250 ppm (dose sans effet 125 ppm) et de l'incidence des tumeurs du pré-estomac chez la souris femelle à la dose de 250 ppm (dose sans effet de 125 ppm). Aucun effet cancérogène n'a été noté chez le rat.

Au niveau mécanistique, les tumeurs du pré-estomac chez la souris sont dues à une accumulation du 2-butoxyéthanol et surtout de ses métabolites au niveau de cet organe. La présence d'une grande quantité d'acide 2-butoxyacétique au niveau de la muqueuse provoque une irritation chronique de celle-ci avec hyperplasie et finalement développement de tumeurs. L'Homme ne possède pas un épithélium stomacal comparable, aucune accumulation n'est possible au niveau de l'estomac ou de l'œsophage. Donc, la survenue de telles tumeurs chez l'Homme n'est pas envisageable.

Pour les hémangiosarcomes, l'hypothèse mécanistique est la suivante : le 2-butoxyéthanol provoque une anémie chez les rongeurs, engendrant une accumulation d'hémosidérine dans le foie (cellules de Küpffer et hépatocytes). Le fer de l'hémosidérine génère des radicaux libres oxydants responsables d'une toxicité cellulaire au niveau endothélial. C'est ce stress oxydant qui va provoquer la formation des hémangiosarcomes. Les capacités réduites en antioxydants chez les souris mâles expliquent en partie pourquoi cette tumeur n'est pas retrouvée chez les souris femelles ou chez les rats. Étant donné que l'Homme est beaucoup moins sensible que les rongeurs aux effets hémolytiques du 2-butoxyéthanol (entre 30 et 100 fois moins), il est peu probable que de telles tumeurs puissent se développer chez l'Homme dans des conditions normales d'utilisation. Le CIRC (Centre international de recherche contre le cancer) a classé cette substance en catégorie 3 en 2004 (non classable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme).

Effets sur la reproduction

[24]

Fertilité

Le 2-butoxyéthanol ne provoque des effets testiculaires qu'à forte dose et toujours en association avec une toxicité systémique importante.

Une étude chez le rat (par la nourriture, 0,01 à 1,25 % pendant 90 jours) montre une atrophie testiculaire à partir de 0,25 % (188 mg/kg) en présence d'une toxicité systémique marquée. Une seconde étude par inhalation chez la souris (6 h/j, 5 j/sem., 14 sem., 31 à 500 ppm) a montré des nécroses testiculaires à 500 ppm sur les animaux morts en cours d'étude. Aucun effet de ce type n'a été observé chez les animaux des plus faibles doses ou chez les animaux de la forte dose qui ont survécu au traitement. Dans toutes les autres études subchroniques et chroniques, aucun effet testiculaire n'a été mis en évidence.

Chez les femelles, une étude par voie orale chez la souris (eau de boisson, 750 à 6000 ppm, 13 semaines) a mis en évidence une baisse du poids absolu de l'utérus et un allongement du dioestrus (sans augmentation du cycle oestral) à partir de 4500 ppm.

Dans une étude d'accouplement continu chez la souris (0,5 - 2 % dans l'eau de boisson, 7 jours avant l'accouplement puis pendant 14 semaines), le 2-butoxyéthanol ne modifie pas la durée du cycle chez la souris femelle. Cependant, en présence de toxicité maternelle, il induit une baisse du nombre de portées par couple, du nombre de petits par portée et du poids des nouveau-nés [11]. Une expérience d'accouplement croisé montre que cet effet peut être attribué principalement à une action sur les femelles.

Développement

Le 2-butoxyéthanol n'est embryo- et/ou foetotoxique qu'à des doses toxiques pour les mères ; aucun effet tératogène n'est observé.

Chez le rat par inhalation (6 h/j, 6^e au 15^e jour de gestation), il induit, à 100 et 200 ppm, une toxicité maternelle (baisse de poids et anémie), une augmentation du taux de résorptions, une diminution du nombre des embryons viables par portée et un retard d'ossification fœtal sans augmentation du taux de malformations ; la dose sans effet toxique pour les mères et les fœtus est de 50 ppm [22]. Une autre étude (150 ou 200 ppm, 7 h/j du 7^e au 15^e jour de gestation) montre uniquement une baisse de poids fœtal à 150 ppm en présence de toxicité maternelle (hémoglobininurie au premier jour d'exposition) [16]. Par voie orale (30-200 mg/kg/j, 9^e au 11^e jour de gestation et 11^e au 13^e jour de gestation), il augmente la foetolétalité à la forte dose pour une administration entre le 9^e et le 11^e jour et en présence d'une toxicité maternelle à partir de 100 mg/kg/j. De tels effets chez l'embryon n'ont pas été observés pour une administration comprise entre le 11^e et le 13^e jour de gestation. Par voie cutanée (1760 mg/kg/j, système non occlusif, du 7^e au 16^e jour de gestation), il n'y a ni toxicité maternelle ni toxicité fœtale.

Chez la souris (gavage, 1180 mg/kg/j, du 7^e au 14^e jour de la gestation), la viabilité fœtale est réduite sans augmentation de l'incidence des malformations externes mais en présence de toxicité maternelle (mortalité de 20 %) [20]. Une autre étude (gavage, 350 à 2 000 mg/kg/j, du 7^e au 14^e jour de gestation) montre une augmentation du taux de résorption et un nombre réduit de fœtus viables à partir de 1000 mg/kg en présence de toxicité maternelle (effets hémolytiques à partir de 650 mg/kg/j) [25].

Chez le lapin (inhalation, 25 à 200 ppm, 6 h/j, 6^e au 18^e jour de la gestation), il induit, à forte dose, une toxicité maternelle ainsi qu'une réduction du nombre d'implantations totales et d'embryons viables par portée, sans augmentation du taux de malformation ; la dose sans effet toxique pour les mères et les fœtus est de 100 ppm [22].

Toxicité sur l'Homme

L'intoxication aiguë peut provoquer des troubles neurologiques et métaboliques, notamment une acidose ainsi qu'une hémolyse. Il est légèrement irritant pour la peau et les muqueuses. Le 2-butoxyéthanol n'est pas sensibilisant. Une augmentation des malformations congénitales est rapportée chez les enfants de femmes exposées aux éthers de glycols (sans précision). Aucune donnée n'existe sur les effets mutagène ou cancérigène.

[1, 3]

Toxicité aiguë

Plusieurs cas d'intoxication aiguë liés à l'ingestion volontaire d'une quantité importante de 2-butoxyéthanol ont été rapportés. Ils se traduisent par une symptomatologie similaire qui associe un coma et une acidose métabolique avec apparition d'une hyperventilation. Il existe souvent une hypotension en général légère sauf dans un cas (collapsus). D'autres signes sont observés telles qu'une mydriase et une hypokaliémie. On peut noter, au décours de certaines intoxications, une anémie le plus souvent hémolytique avec, dans certains cas, une thrombopénie, une hémoglobininurie ainsi que la présence de cristaux d'oxalates dans les urines. Ces signes régressent généralement sous traitement ; la guérison survient en 10 jours. La composition complète des préparations ingérées n'est pas toujours connue et la présence d'autres solvants ne peut être exclue.

Par inhalation, des volontaires ont été exposés pendant 8 heures à des concentrations de 100 ou 195 ppm ou 4 h à 100 ppm. Ils se sont plaints d'une irritation des muqueuses oculaires et nasales. Certains avaient, de plus, des céphalées et des nausées. Par contre, aucune anomalie hématologique (hémolyse, augmentation de la fragilité osmotique) n'est retrouvée.

Dans une observation ancienne, il est également décrit des irritations des muqueuses chez 3 sujets, associées chez l'un d'eux à une hématurie. Le 2-butoxyéthanol seul ne peut être incriminé dans ce cas du fait d'une exposition simultanée au diéthylèneglycol. L'inhalation de 50 ppm est par contre tolérée sans irritation.

Des essais ont montré que lors d'une exposition par inhalation, il existait une importante absorption cutanée.

Toxicité chronique

Le 2-butoxyéthanol ne s'est pas révélé sensibilisant au cours d'une série d'applications cutanées chez 201 volontaires. La concentration de 10 % utilisée n'a entraîné que de faibles effets dermatologiques.

Aucune étude épidémiologique ne permet de juger des effets chroniques du 2-butoxyéthanol chez l'Homme. Une étude sur 9 sujets effectuant des poses de parquet n'a pas montré d'anomalie biologique (ASAT, ALAT, GGT, Phosphatases alcalines, cholestérol et NFS) en dehors d'une légère variation des sous-populations lymphocytaires. Ces sujets étaient exposés depuis 8 à 35 ans à de nombreux solvants organiques dont le 2-butoxyéthanol.

Deux cas de leucémies aiguës sont toutefois rapportés chez des femmes exposées à du 2-butoxyéthanol dans un poste d'impression sérigraphique. Une analyse atmosphérique n'avait pas révélé la présence de benzène.

Certaines études épidémiologiques mettent en évidence que certaines malformations congénitales (fentes palatines, anomalies du tube neural) peuvent être plus élevées chez des enfants de femmes exposées à des éthers de glycol. La nature de ces éthers n'est jamais correctement spécifiée et ne permet pas d'incriminer plus particulièrement le 2-butoxyéthanol.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : septembre 2024.

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.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 2000/39/CE de la Commission du 8 juin 2000 (JOCE du 16 juin 2000).

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° 84.

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.

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.

Classification et étiquetage

a) **substance** 2-butoxyéthanol

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 2-butoxyéthanol figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 4 ; H302
- Irritation cutanée, catégorie 2 ; H315
- Irritation oculaire, catégorie 2 ; H319
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 ; H331

b) **mélanges** contenant du 2-butoxyéthanol

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Des valeurs harmonisées de référence de toxicité aiguë (ETA) ont été fixées pour le 2-butoxyéthanol ; ces valeurs doivent être prises en compte pour le calcul de la classification de mélanges contenant du 2-butoxyéthanol.

Pour plus d'informations, consulter le guide de l'ECHA sur l'application des critères CLP (<https://echa.europa.eu/fr/guidance-documents/guidance-on-clp>).

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 autres 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, robinets d'incendie armés...).
- 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 aérosols. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** des vapeurs et aérosols à leur source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur [27].
- **Réduire** le nombre de personnes exposées au 2-butoxyéthanol.
- Éviter tout rejet atmosphérique de 2-butoxyéthanol.
- Faire évaluer **annuellement** l'exposition des salariés au 2-butoxyéthanol présent dans l'air par un **organisme accrédité** et s'assurer du respect de la ou des valeurs limites d'exposition professionnelle réglementaire(s) (§ Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle).
- Les équipements et installations conducteurs d'électricité utilisant ou étant à proximité du 2-butoxyéthanol 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 [28].
- 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 la substance 2-butoxyéthanol doivent faire l'objet d'un **permis de feu** [29].
- Au besoin, les espaces dans lesquels le 2-butoxyéthanol est stocké et/ou manipulé doivent faire l'objet d'une **signalisation** [30].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du 2-butoxyéthanol sans prendre les précautions d'usage [31].
- Supprimer toute source d'exposition par contamination en procédant à un **nettoyage régulier** des locaux et postes de travail.

Équipements de Protection Individuelle (EPI)

Leur choix dépend des conditions de travail et de l'évaluation des risques professionnels.

Les EPI ne doivent pas être source d'**électricité statique** (chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges) [32, 33]. 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 [34 à 37].

- Appareils de protection respiratoire : si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A lors de la manipulation de la substance [38].
- Gants : les matériaux préconisés pour un **contact prolongé** sont les suivants : caoutchouc butyle, Viton[®] et Viton[®]/caoutchouc butyle (élastomères fluorés). D'autres matériaux peuvent également être recommandés pour des **contacts intermittents** ou **en cas d'éclaboussure** : caoutchoucs nitrile et néoprène et polychlorure de vinyle. Certains matériaux sont à éviter : caoutchouc naturel [39 à 41].
- Vêtements de protection : quand leur utilisation est nécessaire (en complément du vêtement de travail), leur choix dépend de l'**état physique** de la substance. **Seul le fabricant du vêtement** peut confirmer la protection effective d'un vêtement contre les dangers présentés par la substance. Dans le cas de vêtements réutilisables, il convient de **se conformer strictement à la notice du fabricant** [42].
- 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 [43].

Stockage

- Stocker le 2-butoxyéthanol dans des locaux **frais** et **sous ventilation mécanique permanente**. Tenir à l'écart de la lumière, de la chaleur, des surfaces chaudes et de toute autre source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...).
- Le stockage du 2-butoxyéthanol s'effectue habituellement dans des récipients en acier inoxydable. 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 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 2-butoxyéthanol 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 2-butoxyéthanol.
- 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 [44].
- 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 respiratoire isolants autonomes sont à prévoir **à proximité et à l'extérieur** des locaux pour les interventions d'urgence.
- Prévoir l'installation de **fontaines oculaires** [45].

- 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

- **Lors des visites initiale et périodiques**
 - Rechercher particulièrement lors de l'interrogatoire et de l'examen clinique, des antécédents de pathologies hématologique, neurologique ou respiratoire, des signes d'irritation de la peau ou des muqueuses oculaire et respiratoire, ainsi que des signes évocateur d'une hémolyse (urines rouges, hématurie objectivée par bandelette urinaire, signes cliniques d'anémie).
 - L'examen clinique pourra être complété par la réalisation d'explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) et d'un hémogramme qui serviront de référence.
 - La fréquence des examens médicaux et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires (hémogramme, bilan hépatique et rénal, EFR, etc.) 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.
 - Déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols de 2-butoxyéthanol.
- **Femmes enceintes et/ou allaitantes**
 - On exposera le moins possible à cette substance les femmes enceintes ou allaitantes en raison de l'effet famille des solvants organiques.
 - Dans tous les cas, l'exposition ne devra pas dépasser le niveau déterminé en appliquant les recommandations de la Société française de médecine du travail. Si malgré tout, une exposition durant la grossesse se produisait, informer la personne qui prend en charge le suivi de cette grossesse, en lui fournissant toutes les données concernant les conditions d'exposition ainsi que les données toxicologiques.
 - Rappeler aux femmes en âge de procréer l'intérêt de déclarer le plus tôt possible leur grossesse à l'employeur, et d'avertir le médecin du travail.
- **Surveillance biologique de l'exposition professionnelle**
 - Le dosage de l'acide 2-butoxyacétique total urinaire (après hydrolyse) est l'indicateur à privilégier pour la surveillance biologique des expositions professionnelles au 2-butoxyéthanol. Des valeurs biologiques d'interprétation (VBI) professionnelles et issues de la population générale sont proposées par plusieurs organismes [26].

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 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 rapidement un médecin.

Bibliographie

- 1 | 2-Butoxyethanol. In : European Risk assessment report (<https://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals>).
- 2 | Budavari S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopaedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Whitehouse Station, NJ : Merck and Co, Inc, 2001, 14e ed. p. 14.
- 3 | Ethylene glycol mono-n-butyl ether. In : PubChem. US NLM (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 4 | Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 13e ed. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2002.
- 5 | Courtois B *et al.* - Les valeurs limites d'exposition professionnelle. Brochure ED 6443. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 6 | Butylglycol. In : Base de données "Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) - Substances chimiques". INRS (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/vlep.html>).
- 7 | 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.
- 8 | Butylglycol. Fiche M-118. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2020 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>).
- 9 | Alcohols IV. Method 1403. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4 Edition. NIOSH, 2003 (<https://www.cdc.gov/niosh/nmam/>).
- 10 | Organic vapor sampling group 2 (OVSG-2). Alcohol analytes collected on synthetic charcoal sorbent tubes. Method 5001. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 2021 (<https://www.osha.gov/chemicaldata/sampling-analytical-methods>).
- 11 | Corley RA, Grant DM, Farris E *et al.* - Determination of age and gender differences in biochemical processes affecting the disposition of 2-butoxyethanol and its metabolites in mice and rats to improve PBPK modeling. *Toxicol. Letter* 156 (2005) 127-161.
- 12 | ECETOC - The toxicology of glycol ethers and its relevance to man. Substance Profiles. Volume II, in : F. Edition (Ed.), Technical Report. ECETOC, Brussels, 2005.
- 13 | Heindel JJ, Gulati DK, Russell VS *et al.* - Assessment of ethylene glycol monobutyl and monophenyl ether reproductive toxicity using a continuous breeding protocol in Swiss CD-1 mice. *Fundam. Appl. Toxicol.* 15 (1990) 683-696.
- 14 | Predictive Value of Rodent Forestomach and Gastric Neuroendocrine Tumours in Evaluating Carcinogenic Risks to Humans. In : IARC Technical Publication no. 39. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 2003 (<https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/IARC-Technical-Publications>).
- 15 | Johanson G, Fernstrom P - Influence of water on the percutaneous absorption of 2-butoxyethanol in guinea pigs. *Scand. J. Work Environ. Health* 14 (1988) 95-100.
- 16 | Nelson BK, Setzer JV, Brightwell WS *et al.* - Comparative inhalation teratogenicity of four glycol ether solvents and an amino derivative in rats. *Environ. Health Perspect.* 57 (1984) 261-271.

- 17 | Toxicity studies on ethylene glycol ethers administered in drinking water. In : N.P. 93-3349. (Ed.), NTP Toxicity Report Series No 26. NTP, Research Triangle Park, NC, USA, 1993 (<https://ntp.niehs.nih.gov/publications/reports/tox/000s/tox026>).
- 18 | Toxicology and Carcinogenesis Studies of Methyleugenol (CAS N° 93-15-2) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (Gavage Studies). In : Technical Report No. 491. NTP, Research Triangle Park, NC, USA, 2000 (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12563349/>).
- 19 | Poet TS, Soelberg JJ, Weitz KK et al. - Mode of action and pharmacokinetic studies of 2-butoxyethanol in the mouse with an emphasis on forestomach dosimetry. *Toxicol. Sciences* 71 (2003) 176-189.
- 20 | Schuler RL, Hardin BD, Niemeier RW et al. - Results of testing fifteen glycol ethers in a short-term in vivo reproductive toxicity assay. *Environ. Health Perspect.* 57 (1984) 141-146.
- 21 | Shyr LJ, Sabourin PJ, Medinsky MA et al. - Physiologically based modeling of 2-butoxyethanol disposition in rats following different routes of exposure. *Environ. Res.* 63 (1993) 202-218.
- 22 | Tyl RW, Millicovsky G, Dodd DE et al. - Teratologic evaluation of ethylene glycol monobutyl ether in Fischer 344 rats and New Zealand white rabbits following inhalation exposure. *Environ. Health Perspect.* 57 (1984) 47-68.
- 23 | Udden MM - In vitro sub-hemolytic effects of butoxyacetic acid on human and rat erythrocytes. *Toxicol. Sci.* 69 (2002)258-264.
- 24 | Zissu D - Experimental study of cutaneous tolerance to glycol ethers. *Contact Dermatitis* 32 (1995) 74-77.
- 25 | Wier PJ, Lewis SC, Traul KA - A comparison of developmental toxicity evident at term to postnatal growth and survival using ethylene glycol monoethyl ether, ethylene glycol monobutyl ether and ethanol. *Teratog. Carcinog. Mutagen* 7 (1987) 55-64.
- 26 | 2-Butoxyéthanol et son acétate. In : BIOTOX. INRS, 2022 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>).
- 27 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 28 | Phénomènes électrostatiques. Brochure ED 6354. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 29 | Le permis de feu. Brochure ED 6030. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 30 | Signalisation de santé et de sécurité au travail - Réglementation. Brochure ED 6293. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 31 | 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 (https://www.ameli.fr/val-de-marne/entreprise/tableau_recommandations).
- 32 | Vêtements de travail et équipements de protection individuelle – Propriétés antistatiques et critère d'acceptabilité en zone ATEX. Note documentaire ND 2358. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 33 | EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion. Notes techniques NT33. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 34 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer sa tenue de protection en toute sécurité. Cas n°1 : Décontamination sous la douche. Dépliant ED 6165. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 35 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer sa tenue de protection en toute sécurité. Cas n°3 : Sans décontamination de la tenue. Dépliant ED 6167. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 36 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants à usage unique. Dépliant ED 6168. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 37 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants réutilisables. Dépliant ED 6169. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 38 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 39 | Des gants contre le risque chimique. Fiche pratique de sécurité ED 112. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 40 | Forsberg K, Den Borre AV, Henry III N, Zeigler JP – Quick selection guide to chemical protective clothing. 7th ed. Hoboken : John Wiley & Sons ; 293 p.
- 41 | 2-butoxyéthanol. In : ProtecPo Logiciel de pré-sélection de matériaux de protection de la peau. INRS-IRSST, 2011 (<https://protecpo.inrs.fr/ProtecPo/jsp/Accueil.jsp>).
- 42 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 43 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 44 | Les absorbants industriels. Aide-mémoire technique ED 6032. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 45 | Equipements de premiers secours en entreprise : douches de sécurité et lave-œil. Fiche pratique de sécurité ED 151. INRS (<https://www.inrs.fr>).

Historique des révisions

1 e édition	1996
2 e édition (mise à jour partielle)	2005
3 e édition (mise à jour partielle)	2013
<ul style="list-style-type: none"> ■ Étiquette ■ Utilisations ■ Valeurs limites d'exposition professionnelle ■ Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle ■ Toxicocinétique - Métabolisme <ul style="list-style-type: none"> ○ Surveillance biologique de l'exposition 	

<ul style="list-style-type: none">■ Réglementation■ Recommandations médicales	
4 e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none">■ Étiquette■ Utilisations■ Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle■ Incendie - Explosion■ Réglementation■ Recommandations techniques et médicales■ Bibliographie	Novembre 2022
5 e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none">■ Étiquette■ Réglementation	Septembre 2024