

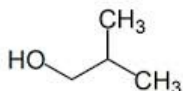
Isobutanol

Fiche toxicologique n°117

Généralités

Edition _____ Mise à jour 2011

Formule :



Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
C ₄ H ₁₀ O	Nom	Isobutanol
	Numéro CAS	78-83-1
	Numéro CE	201-148-0
	Numéro index	603-108-00-1
	Synonymes	Alcool isobutylique, 2-Méthylpropan-1-ol

Etiquette



ISOBUTANOL

Danger

- H226 - Liquide et vapeurs inflammables
- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H318 - Provoque des graves lésions des yeux
- H335 - Peut irriter les voies respiratoires
- H336 - Peut provoquer somnolence ou vertiges

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.
201-148-0

Selon l'annexe VI du règlement CLP.

Caractéristiques

Utilisations

[1 à 7]

- Solvant dans les industries des laques, peintures, vernis, encres et résines.
- Solvant de nettoyage.
- Solvant dans l'industrie chimique (milieu réactionnel).
- Intermédiaire de synthèse organique notamment pour la production d'esters isobutyliques utilisés comme solvants et composants de parfums et d'arômes.

Propriétés physiques

[1 à 7]

L'isobutanol est un liquide incolore, d'odeur alcoolique agréable, légèrement suffocante à forte concentration. Son seuil olfactif se situe, selon les expérimentateurs, entre 0,83 et 75 ppm.

Il est soluble dans l'eau (80 à 98 g/l à 20 °C) ; il forme avec l'eau un azéotrope (à 33 % d'eau) dont le point d'ébullition est de 90 °C à la pression atmosphérique. Il est miscible à la plupart des solvants organiques usuels : alcools, cétones, esters...

C'est un bon solvant des graisses, des huiles et des résines.

Nom Substance	Détails	
Isobutanol	N° CAS	78-83-1
	Etat Physique	Liquide
	Masse molaire	74,12
	Point de fusion	-108 °C
	Point d'ébullition	108 °C
	Densité	0,801 à 0,803
	Densité gaz / vapeur	2,56 à 2,6
	Pression de vapeur	1,17 kPa à 20 °C / 13,2 kPa à 60 °C
	Indice d'évaporation	0,82
	Point d'éclair	37,7 °C (Coupelle ouverte) 24 à 28 °C (Coupelle fermée)
	Température d'auto-inflammation	410 à 430 °C
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	Limite Inférieure : 1,2 % Limite Supérieure : 10,9 %
	Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	0,63 à 0,83

À 25 °C et 101 kPa, 1 ppm = 3,03 mg/m³.

Propriétés chimiques

[5 à 8]

Dans des conditions normales d'emploi, l'isobutanol est un produit chimiquement stable. Il possède les propriétés générales des alcools primaires (réaction d'oxydation, de déshydrogénation, de déshydratation, d'estérification...). L'existence d'une chaîne ramifiée rend toutefois les éthérifications, relativement difficiles. L'oxydation de l'isobutanol conduit dans une première étape à l'aldéhyde isobutyrique – qui reste le produit principal de la réaction avec l'air et l'oxygène à haute température – puis à l'acide isobutyrique.

Avec des oxydants puissants, spécialement avec les acides sulfurique et nitrique, la réaction peut être dangereuse.

La déshydrogénation qui s'effectue vers 300 °C en présence de catalyseurs (cuivre ou nickel réduits) conduit également à l'aldéhyde isobutyrique, mais il se forme aussi du propane et du monoxyde de carbone.

La plupart des métaux sont insensibles à l'action de l'isobutanol ; toutefois, dans certaines conditions, l'isobutanol peut réagir avec l'aluminium pour former de l'hydrogène.

Récipients de stockage

[5, 7, 9]

Le stockage peut s'effectuer dans des récipients en acier inoxydable.

Certains matériaux sont déconseillés : aluminium et alliages, certaines matières plastiques.

Pour éviter la formation de peroxydes et l'absorption d'eau, le stockage devra s'effectuer sous atmosphère inerte et sèche.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

Des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) dans l'air des lieux de travail ont été établies pour l'« Isobutanol ».

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m ³)
Isobutanol	France (circulaire 1982)	50	150
Isobutanol	Etats-Unis (ACGIH, TLV-TWA)	50	152
Isobutanol	Allemagne (Valeur MAK)	100	310

Méthodes de détection et de détermination dans l'air

[16 à 18]

- Prélèvement au travers d'un tube adsorbant rempli de charbon actif. Désorption par un mélange dichlorométhane/sulfure de carbone ou 2-propanol/sulfure de carbone. Dosage par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme [16, 17].
- L'utilisation, possible pour une première approche, d'appareils à réponse instantanée équipés d'un tube réactif colorimétrique (par exemple GASTEC Isobutanol n°116) n'assure ni la sélectivité ni la précision nécessaires à la comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

Incendie - Explosion

[6, 7, 10]

L'isobutanol est un liquide inflammable (point d'éclair compris entre 24 et 28 °C en coupelle fermée) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air. En cas d'incendie, les agents d'extinction préconisés sont le dioxyde de carbone, les poudres et les mousses spéciales résistantes aux alcools. En général, l'eau en jet direct 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 refroidir les fûts exposés ou ayant été exposés au feu.

Les intervenants qualifiés seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonome isolant et de combinaison de protection.

Pathologie - Toxicologie

[1, 4, 6, 11 à 13]

Toxicocinétique - Métabolisme

Ingéré et inhalé, l'isobutanol peut rapidement se retrouver dans la circulation sanguine. Il est rapidement métabolisé et excrété dans les urines.

Chez l'animal

L'isobutanol est facilement absorbé à partir du tractus gastrointestinal ou par les poumons. Chez le rat ou le lapin, il apparaît dans le sang 15 minutes après l'ingestion, atteint sa concentration maximale en 60 à 90 minutes puis disparaît en 6 à 8 heures. Il est oxydé par l'alcool déshydrogénase en aldéhyde isobutyrique puis en acide isobutyrique. Ce dernier pourrait réagir avec l'acétyl coenzyme A pour donner du succinate et entrer dans le cycle de l'acide tricarboxylique. Après ingestion de cette substance, des composés comme l'acide isovalérique, l'acétaldéhyde, l'acide isobutyrique, l'acétone ou l'acide acétique sont détectés dans les urines de lapin ou de rat. Une faible partie de l'isobutanol absorbé est conjuguée aux acides glucuronique ou sulfurique et excrétée sous cette forme dans les urines (moins de 5 % en 24 heures chez le rat ou le lapin après ingestion). Moins de 1 % du produit est retrouvé inchangé dans les urines ou l'air exhalé.

Surveillance biologique de l'exposition

Les dosages d'isobutanol sanguin et urinaire en fin de poste de travail ont été utilisés pour la surveillance biologique de l'exposition mais il n'existe que peu de données dans la littérature sur la pertinence de ces paramètres. Il n'existe pas de valeurs guides pour ces paramètres [14].

Toxicité expérimentale

Toxicité aigüe

L'ingestion d'isobutanol n'est létale qu'à forte dose. Le produit peut provoquer des lésions oculaires graves. L'inhalation ou le contact avec la peau entraînent une irritation.

Pour les différentes espèces étudiées (souris, rats, cobayes, lapins), les DL50 par voie orale varient entre 2,4 et 3,5 g/kg et entre 2,4 et 4,2 g/kg par voie percutanée. Les CL50 par inhalation sont comprises entre 6,5 et 27,7 mg/l pour une exposition de 4 à 7 heures. Les symptômes observés lors des intoxications aiguës traduisent essentiellement une action sur le système nerveux central avec ataxie, prostration et coma. La mort peut survenir par défaillance respiratoire.

L'examen anatomopathologique des animaux ayant ingéré ou inhalé des doses létales de produit montre des lésions hépatiques et rénales.

Appliqué localement, l'isobutanol est irritant pour la peau du lapin (érythèmes et oedèmes d'intensité modérée). Chez le lapin, l'isobutanol est un irritant oculaire sévère. L'inhalation du produit entraîne une irritation des voies aériennes supérieures. Aucun test de sensibilisation n'est disponible.

Toxicité subchronique, chronique

L'ingestion ou l'inhalation répétée d'isobutanol à des doses moyennes voire élevées sont relativement bien tolérées chez les animaux. Des modifications de la formule sanguine ont également été constatées chez l'animal.

Chez le rat, l'ingestion chronique de 80 à 1 450 mg/kg d'isobutanol pendant 3 mois n'a pas montré d'effets cliniques, biochimiques ou hématologiques néfastes. Dans une autre étude, une diminution de l'activité et une ataxie (316 mg/kg) ainsi qu'une légère diminution de la prise de poids (1 000 mg/kg) après l'ingestion d'isobutanol pendant 13 semaines ont été notées. Ces effets ont disparu spontanément au cours des 4 premières semaines de traitement. Chez le rat, deux études similaires d'exposition à l'isobutanol par inhalation durant 13 semaines (0,8 à 7 mg/litre) n'ont pas montré d'effet neurotoxique, ni de modification histopathologique du système nerveux. Seule une faible diminution de la réponse des animaux à des stimuli extérieurs a été observée. D'autres études mentionnent une diminution du nombre de globules rouges chez des rats exposés à des faibles doses.

Effets génotoxiques

L'isobutanol n'a pas un profil génotoxique ou mutagène.

Aucun test de génotoxicité ou de mutagenèse *in vitro* ne s'est révélé positif après une exposition à l'isobutanol (Ames, micronoyau, mutation génique et comètes sur cellules de hamster chinois). Le seul test réalisé *in vivo* (micronoyau) chez la souris après ingestion s'est également avéré négatif.

Effets cancérogènes

Il n'existe pas de données fiables permettant d'évaluer la cancérogénicité de l'isobutanol.

Chez le rat, l'isobutanol administré par voie orale (160 mg/kg, 2 fois par semaine pendant 72 semaines) ou par injection sous-cutanée (40 mg/kg, 2 fois par semaine pendant 90 semaines) n'a pas montré une incidence plus élevée de cancers. Cependant, quelques tumeurs sporadiques sont apparues chez les animaux traités. Des faiblesses méthodologiques importantes (petit nombre d'animaux étudiés, une dose unique, absence d'analyse statistique...) limitent la portée de ces résultats. Des études complémentaires seraient nécessaires pour apprécier le pouvoir cancérogène du produit. Ces résultats témoignent néanmoins de l'hépatotoxicité de l'isobutanol (nombreuses observations de stéatoses, nécroses cellulaires, fibroses et cirrhoses hépatiques) et mettent en évidence, chez beaucoup d'animaux traités, une hyperplasie des tissus hématopoïétiques.

Effets sur la reproduction

Aucun effet sur la fertilité ou le développement n'a été mis en évidence chez l'animal.

Les études doses répétées ne font pas mention d'effets sur les organes de la reproduction. Des essais par inhalation ne montrent pas de modification du nombre de spermatozoïdes chez le rat après une exposition de 90 jours à des doses de 0,77 à 7,7 mg/litre, ni d'effet sur les foetus chez la lapine ou la rate gestante exposée à des doses comprises entre 0,5 et 10 mg/litre entre le 7^e et 19^e jour de gestation.

Toxicité sur l'Homme

L'isobutanol est irritant pour la peau et les muqueuses oculaire et respiratoire. Comme de nombreux solvants, il peut provoquer des troubles neurologiques discrets et digestifs. On ne dispose pas de donnée concernant d'éventuels effets cancérogènes ou sur la fonction de reproduction.

Toxicité aiguë

L'exposition à de fortes concentrations de vapeurs d'isobutanol induit une irritation des yeux, du nez et de la gorge, mais aussi des céphalées, des vertiges et de la somnolence. Des vertiges sévères de type vestibulaire ont été rapportés sans que les concentrations responsables aient pu être précisées. Le contact du liquide peut provoquer sur la peau un érythème léger et sur l'oeil une irritation modérée à sévère, réversible.

Toxicité chronique

Des volontaires ont supporté sans irritation oculaire des expositions répétées de 8 heures à une concentration de 100 ppm d'isobutanol. Une irritation des yeux et de la gorge, une kératite vacuolaire, une perte d'appétit et de poids ont été observées chez des travailleurs exposés à des concentrations vraisemblablement élevées, mais non précisées, d'isobutanol et d'acétate de butyle (atelier de vernissage avec ventilation inefficace, chauffage du vernis à 200-300 °C et température de l'atelier comprise entre 32 et 42 °C). Les symptômes ont disparu après amélioration des conditions de travail. Comme la plupart des solvants, l'isobutanol liquide peut provoquer des dermatoses d'irritation par contacts prolongés ou répétés.

Effets cancérogènes

Aucune étude n'a été publiée.

Effets sur la reproduction

Aucune publication sur ce thème n'a été retrouvée.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 1er trimestre 2011

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)

- Circulaire du 10 mai 1984 modifiant la circulaire du ministère du Travail du 19 juillet 1982 (non parues au JO).

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.

Classification et étiquetage

a) **Substance** isobutanol :

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 modifié du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUEL 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 de l'isobutanol, harmonisés selon les deux systèmes (règlement et directive 67/548/CEE), figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classification est :

- selon le règlement (CE) n° 1272/2008 modifié
 - Liquide inflammable, catégorie 3 ; H 226
 - Irritation cutanée, catégorie 2 ; H 315
 - Lésions oculaires graves, catégorie 1 ; H 318
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition unique, catégorie 3 : Irritation des voies respiratoires ; H 335
 - Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition unique, catégorie 3 : Effets narcotiques ; H 336.
- selon la directive 67/548/CEE
 - Inflammable ; R 10
 - Irritant ; R 37/38 – 41 R 67.

b) **mélanges** (préparations) contenant de l'isobutanol :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Les lots de mélanges classés, étiquetés et emballés selon la directive 1999/45/CE peuvent continuer à circuler sur le marché jusqu'au 1er juin 2017 sans réétiquetage ni réemballage conforme au CLP.

Protection de la population

- Article L. 5132.2, articles R. 5132-43 à R. 5132-73, articles R.1342-1 à R.1342-12 du Code de la santé publique :
 - étiquetage (cf. Classification et étiquetage).

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 (www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr_f.html). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

Recommandations

Au point de vue technique

Stockage

- Stocker l'isobutanol à l'air libre ou dans des locaux frais, bien ventilés, à l'abri de toute source d'ignition ou de chaleur (flammes, étincelles, rayons solaires...) et à l'écart des produits oxydants. Le sol de ces locaux sera incombustible, imperméable et formera cuvette de rétention afin qu'en cas d'écoulement accidentel, le liquide ne puisse se répandre au dehors.
- Mettre le matériel électrique, y compris l'éclairage, en conformité avec la réglementation en vigueur.
- Interdire de fumer.
- Prendre toutes dispositions pour éviter l'accumulation d'électricité statique.
- Conserver à l'abri de l'air dans des récipients soigneusement fermés et correctement étiquetés.
- Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement des emballages.

Manipulation

Les prescriptions relatives aux locaux de stockage sont applicables aux ateliers où est manipulé l'isobutanol.

En outre :

- Instruire le personnel des risques présentés par la substance, des précautions à observer et des mesures à prendre en cas d'accident.
- Entreposer dans les locaux de travail des quantités ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- Ne pas boire ou manger sur les lieux de travail.
- Éviter l'inhalation de vapeurs ou d'aérosols. Effectuer en appareil clos toute opération industrielle qui s'y prête. Prévoir une aspiration des vapeurs à leur source d'émission ainsi qu'une ventilation générale des locaux. Prévoir également des appareils de protection respiratoire pour certaines opérations exceptionnelles de courte durée ; leur choix dépend des conditions de travail. Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A. Pour des interventions d'urgence, le port d'un appareil de protection respiratoire isolant autonome est nécessaire.
- Procéder périodiquement à des contrôles de l'atmosphère.
- Éviter tout contact avec le produit. Mettre à la disposition du personnel des vêtements de protection, des gants (par exemple, en caoutchouc butyle, caoutchouc nitrile, en néoprène®, en Viton®) [15] et des lunettes de sécurité. Ces effets seront maintenus en bon état et nettoyés après usage.
- Ne pas utiliser d'air ou d'oxygène comprimé pour effectuer le transvasement ou la circulation du liquide.
- Ne pas procéder à des travaux sur et dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu ces substances sans prendre les précautions d'usage [19].
- Éviter les rejets d'isobutanol dans l'environnement.
- En cas de fuite ou de déversement accidentel, récupérer le produit en l'épongeant avec un matériau absorbant inerte puis laver à grande eau la surface ayant été souillée. Si le déversement est important, évacuer le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs entraînés munis d'un équipement de protection approprié.
- Conserver les déchets imprégnés de solvant dans des récipients spécialement prévus à cet effet. Éliminer les déchets dans les conditions autorisées par la réglementation.

Au point de vue médical

- À l'embauchage, éviter d'exposer les personnes atteintes d'affections hépatiques chroniques. Un bilan hépatique pourra être demandé. On recherchera également la présence de dermatoses chroniques qui pourraient faciliter le passage transcutané.
- Lors des examens périodiques, on recherchera particulièrement des signes d'irritations cutanées, oculaires ou pulmonaires.
- Des examens complémentaires afin d'évaluer les fonctions hépatiques pourront être réalisés si le médecin du travail les juge opportuns.
- Pour les solvants en général, les études épidémiologiques ont montré, pour des expositions à de fortes concentrations, une augmentation des avortements, des fausses couches ou des risques de petits poids à la naissance. Des ralentissements du développement du système nerveux sont également soupçonnés. Il est donc conseillé d'exposer le moins possible les femmes enceintes aux solvants en général. De ce fait, il convient d'être prudent et de ne pas exposer par inhalation les femmes enceintes à des concentrations supérieures à 10 % de la VME. Ce niveau devra être diminué si la femme peut être exposée à d'autres solvants et si une exposition par voie cutanée est possible.
- Lors d'accidents aigus, demander dans tous les cas l'avis d'un médecin ou du centre antipoison régional ou des services des secours médicalisés d'urgence.
- En cas de contact cutané, retirer les vêtements souillés et laver la peau à grande eau pendant quinze minutes. Les vêtements ne seront réutilisés qu'après décontamination. Si une irritation apparaît ou si la contamination est étendue ou prolongée, une consultation médicale s'imposera.
- En cas de projection oculaire, laver immédiatement et abondamment à l'eau, les paupières bien écartées, pendant 10 à 15 minutes. Une consultation ophtalmologique sera indispensable s'il apparaît une douleur, une rougeur oculaire ou une gêne visuelle.
- En cas d'inhalation massive, retirer le sujet de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires.
- En cas d'ingestion, ne pas provoquer de vomissements et ne pas faire ingérer de lait ou de matières grasses ; on pourra faire absorber du charbon médical activé si le sujet est parfaitement conscient.
- Dans les deux derniers cas, si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité ; en cas d'arrêt respiratoire, commencer les manœuvres de respiration assistée ; même si l'état initial est satisfaisant, transférer la victime, si nécessaire par ambulance médicalisée, en milieu hospitalier, où pourra être effectuée une radiographie du thorax. Une surveillance de l'état de conscience, des fonctions cardiovasculaires, pulmonaires et hépato-rénales, ainsi qu'un traitement symptomatique en milieu de soins intensifs peuvent s'avérer nécessaires.

Bibliographie

- 1 | C. Bevan - Monohydric alcohols - C1 to C6, isobutanol. In : Bingham E, Cohns B, Powell CH (Eds) - Patty's toxicology, 5th ed. vol. 6. New York : John Wiley and Sons ; 2001 : 414-418.
- 2 | Budavari S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. Whitehouse Station. NJ : Merck and Co., Inc. ; 13th ed. ; 2001 : 921.
- 3 | Richard J. Lewis - Hawley's Condensed Chemical Dictionary, 14th ed. New York : John Wiley and Sons ; 2001 : 622.
- 4 | IUCLID dataset - Isobutanol. European Commission - European Chemicals Bureau, 2000. (<https://echa.europa.eu/fr/home>).
- 5 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of Chemical technology, 4th ed., vol. 4. New York : Wiley, Interscience Publication ; 1992 : 21, 691-700.
- 6 | Isobutyl alcohol. In : Base de données HSDB, 2003 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 7 | Isobutyl alcohol. Fiche n° 3. In : Base de données CHEMINFO. CCOHS, 2004. (www.ccohs.ca).

- 8 | Grignard V. – Traité de chimie organique, vol. V. Paris : Masson ; 1937 : 683-684.
- 9 | Isobutanol – Fiche technique. New Jersey, BASF, 1998.
- 10 | Isobutanol – Fiche IPCS, ICSC n° 0113, 2004. (www.cdc.gov/niosh/homepage.html).
- 11 | Browning E. – Toxicity and metabolism of industrial solvents. Amsterdam : Elsevier ; 1965 : 348-351.
- 12 | Butanols - four isomers : 1-butanol, 2-butanol, tert-butanol, isobutanol. *Environmental Health Criteria*, vol. 65. Genève : OMS ; 1987 : 141 p.
- 13 | Isobutyl alcohol. In : The Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (National Institute for Occupational Safety and Health), n° NP9625000. (www.cdc.gov/niosh).
- 14 | Isobutanol. In : BIOTOX. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2010 (www.inrs.fr/biotox).
- 15 | Forsberg K., Mansdorf S.Z. Quick selection guide to chemical protective clothing, 5th ed. New York : John Wiley and sons ; 2007 : 203 p.
- 16 | Alcools en C3 à C8- Prélèvement sur charbon actif. Fiche 077. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2005 (www.inrs.fr/metropol/).
- 17 | ALCOHOLS II. Method 1401. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition. NIOSH, 1994 (www.cdc.gov/niosh/nmam).
- 18 | Cuves et réservoirs. Recommandation CNAMTS R 435. Paris : INRS ; 2008.

Auteurs

H. Bastos, N. Bonnard, D. Jargot, D. Lafon, A. Laudet-Hesbert, P. Serre