

ÉPOXYDES

Janet L. Collins

Les epoxydes sont constitués d'un ou de plusieurs cycles oxirane. Un cycle oxirane est formé essentiellement d'un atome d'oxygène lié à deux atomes de carbone. Ces derniers réagissent avec les groupements amino, hydroxyle et carboxyle ainsi qu'avec les acides minéraux pour donner des composés relativement stables.

Applications

Les epoxydes sont largement utilisés dans l'industrie comme intermédiaires de synthèse pour la fabrication de solvants, de plastifiants, de colles, d'adhésifs et de résines synthétiques. Ils sont couramment employés dans diverses industries comme revêtements protecteurs du métal et du bois. Les composés *alpha-époxy-diques*, dont le groupement époxy (C-O-C) est en position 1,2, sont les plus réactifs et interviennent principalement dans des applications industrielles. Sous l'effet d'agents de réticulation, les résines époxy conduisent à des matières thermodurcissables extrêmement versatiles, utilisées dans de multiples applications comme les revêtements de surface, les composants électroniques (produits d'enrobage), les stratifiés et pour assembler de multiples matériaux.

Les *oxydes de butylène* (*1,2-époxybutane* et *2,3-époxybutane*) sont employés pour la production de butylèneglycols et de leurs dérivés, ainsi que pour la fabrication d'agents tensioactifs. L'*épichlorhydrine* sert d'intermédiaire de synthèse, d'insecticide, de fumigant et de solvant pour peintures, vernis, vernis à ongles et laques. Elle entre également dans la composition de matériaux de revêtement polymères utilisés dans les réseaux d'alimentation en eau et dans les matières premières pour les résines dont on imprègne le papier pour lui conférer une bonne tenue à l'état humide. Le *2,3-époxypropanol* (*glycidol*) sert à stabiliser les huiles naturelles et les polymères vinyliques, et on l'emploie également comme unisseur et comme émulsifiant.

Après avoir fait inhaler sur courte durée (4 heures) du *1,2,3,4-diépoxybutane* par des rats, on a observé un larmolement, une opacification de la cornée, une respiration laborieuse et une congestion pulmonaire. L'expérimentation sur d'autres espèces animales montre que le *1,2,3,4-diépoxybutane*, à l'instar de nombreux autres dérivés époxydiques, peut provoquer une irritation oculaire, des brûlures et des phlyctènes, ainsi qu'une irritation du système pulmonaire. Chez des sujets humains, une exposition «mineure» accidentelle a provoqué un œdème palpébral, une irritation des voies aériennes supérieures, ainsi qu'une irritation oculaire douloureuse 6 heures après l'exposition.

L'application sur la peau des formes D,L- et *méso* du *1,2,3,4-diépoxybutane* provoque des tumeurs cutanées, notamment des carcinomes spinocellulaires chez la souris. Les isomères D et L administrés à des souris et à des rats respectivement par voie sous-cutanée et intrapéritonéale ont provoqué l'apparition de sarcomes locaux.

Plusieurs dérivés époxydiques sont utilisés dans le domaine sanitaire et dans l'industrie alimentaire. L'*oxyde d'éthylène* sert à stériliser les instruments chirurgicaux et divers équipements hospitaliers, les tissus, le papier, les draps et les instruments de toilette. On l'emploie également comme fumigant pour produits alimentaires et textiles ou comme propergol pour fusées, ainsi que pour accélérer la croissance des feuilles de tabac. Il joue également le rôle d'intermédiaire dans la production de l'éthylèneglycol, de films et de fibres polyester en téréphtalate de polyéthylène et d'autres composés organiques. Le *guaiacol* est utilisé comme

anesthésique local, antioxydant, stimulant d'expectoration et intermédiaire pour la synthèse d'autres expectorants. On l'emploie aussi pour aromatiser les boissons non alcoolisées et les aliments. Le *1,2-époxypropane (oxyde propylénique)*, qui a été utilisé comme fumigant pour la stérilisation de produits alimentaires conditionnés ou d'autres substances, sert d'intermédiaire fortement réactif dans la production de polyéther-polyols qui, à leur tour, sont utilisés dans la fabrication des mousses de polyuréthane. Il intervient également dans la production du propylène glycol et de ses dérivés.

Le *dioxyde de vinylcyclohexène* est employé comme diluant réactif pour d'autres diépoxydes et pour les résines dérivées de l'épichlorhydrine et du bisphénol A. On envisage de l'utiliser comme monomère dans la préparation des polyglycols contenant des groupements époxy libres ou pour la polymérisation en résine tridimensionnelle.

Léfurfuralest utilisé pour certaines analyses d'urine, le raffinage au solvant du pétrole et la fabrication de vernis. On l'emploie comme aromatisant de synthèse, comme solvant pour le fulmicoton, constituant des colles au caoutchouc et agent mouillant dans la fabrication des meules et des garnitures de frein. L'*alcoolfurfury-lique* sert également d'aromatisant, de propegol liquide et de solvant pour colorants et résines. Il entre dans la composition des mastics et des colles résistants à la corrosion et sert aussi au traitement des noyaux de fonderie.

Le *tétrahydrofuranne* est utilisé en histologie, synthèse chimique et dans la fabrication des articles pour le conditionnement, le transport et le stockage des produits alimentaires. C'est un solvant des huiles grasses et du caoutchouc non vulcanisé. Le *1,2,3,4-diépoxybutane* a été employé pour éviter l'altération des produits alimentaires, comme agent durcisseur des polymères et pour la réticulation des fibres textiles.

Risques

On utilise aujourd'hui de nombreux dérivés époxydiques. Les plus courants sont décrits séparément ci-après. Toutefois, il existe certains risques qui sont communs à tous les membres du groupement. Généralement, la toxicité d'une résine résulte d'interactions complexes entre les toxicités individuelles de ses différents constituants. Ces composés sont connus pour être des sensibilisateurs cutanés et ceux qui possèdent le plus fort pouvoir sensibilisant ont aussi la masse moléculaire la plus faible. Une faible masse moléculaire implique généralement une volatilité accrue. On a observé des dermatites allergiques retardées ou immédiates et des dermatites d'irritation dues aux dérivés époxydiques. Les dermatites apparaissent généralement d'abord sur les mains et entre les doigts et vont de l'érythème à l'éruption bulleuse marquée. Il existe encore d'autres organes cibles, à savoir le système nerveux central (SNC), les poumons, les reins, l'appareil reproducteur, le sang et les yeux. On est également fondé à penser que certains dérivés époxydiques sont mutagènes. Selon une étude, 39 dérivés sur les 51 expertisés ont donné une réponse positive dans le test d'Ames sur salmonelles. D'autres epoxydes provoquent des échanges entre chromatides sœurs dans des lymphocytes humains. Des études sur l'animal sont en cours pour étudier la relation entre l'exposition aux epoxydes et le cancer.

Il est à noter que certains agents réticulants, durcisseurs et autres additifs utilisés dans la fabrication de divers produits sont également toxiques. C'est notamment le cas de la 4,4-méthylènedianiline (MDA) qui est hépatotoxique et provoque des lésions de la rétine. Elle est en outre cancérigène pour l'animal. L'anhydride trimellitique (TMA) en est un autre exemple. Les deux composés sont traités dans une autre partie de ce chapitre.

L'épichlorhydrine provoquerait, selon certaines sources, une augmentation significative de la fréquence des cancers pulmonaires chez les travailleurs exposés. Ce composé est classé dans le groupe 2A (c'est-à-dire comme probablement cancérigène pour l'humain par le Centre

international de recherche sur le cancer (CIRC)). Une étude épidémiologique au long cours effectuée sur des travailleurs exposés à l'épichlorhydrine dans deux usines de la Shell Chemical Company aux Etats-Unis a montré une augmentation statistiquement significative ($p < 0,05$) des décès par cancer des voies respiratoires. A l'instar des autres époxydes, l'épichlorhydrine est irritante pour les yeux, la peau et les voies respiratoires des sujets exposés. Les données obtenues chez des sujets humains et chez l'animal montrent que l'épichlorhydrine peut provoquer de graves lésions cutanées et une intoxication générale après contact prolongé avec la peau. Une exposition à 40 ppm d'épichlorhydrine pendant une heure a causé une irritation des yeux et de la gorge qui a duré 48 heures et, à la concentration de 20 ppm, elle a provoqué une brûlure passagère des yeux et des fosses nasales. Chez l'animal, l'épichlorhydrine entraîne également la stérilité, ainsi que des lésions hépatiques et rénales.

L'injection sous-cutanée d'épichlorhydrine provoque l'apparition de tumeurs chez la souris au niveau du point de l'injection mais, chez le même animal, un badigeonnage de la peau par ce composé n'en fait pas apparaître. Chez des rats à qui on a fait inhaler la substance, une augmentation statistiquement significative du nombre de cancers nasals a été constatée. L'épichlorhydrine est à l'origine de mutations (substitution de paires de base) chez certaines espèces microbiennes. On a également fait état d'une augmentation des aberrations chromosomiques dans les leucocytes de travailleurs exposés à l'épichlorhydrine. En 1996, la Conférence américaine des hygiénistes gouvernementaux du travail (American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)) a fixé la valeur seuil (TLV) à 0,5 ppm et décidé de considérer ce composé comme un cancérigène A3 (cancérigène pour l'animal).

Le *1,2-époxybutane* et ses *isomères (oxydes de butylène)* sont des composés moins volatils et moins toxiques que l'oxyde de propylène. Les principaux effets nocifs observés chez des sujets humains sont une irritation des yeux, des fosses nasales et de la peau. Toutefois, l'expérimentation animale a mis en évidence des problèmes respiratoires, des hémorragies pulmonaires, des néphroses et des lésions des fosses nasales, après exposition aiguë à des concentrations très élevées de *1,2-époxybutane*. On ne constate pas d'effet tératogène systématique chez l'animal. Le CIRC a conclu qu'il existe des preuves limitées de la cancérigénicité du *1,2-époxybutane* chez l'animal de laboratoire.

Comparativement à l'oxyde d'éthylène, également utilisé pour la stérilisation de matériel médical, le *1,2-époxypropane (oxyde propylénique)* se révèle nettement moins toxique pour l'être humain. L'exposition à ce composé entraîne une irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires ainsi qu'une dépression du SNC avec ataxie, stupeur et coma (jusqu'à présent, ces derniers effets n'ont été véritablement constatés que chez l'animal). De plus, le *1,2-époxypropane* se comporte comme un alkylant direct dans divers tissus, ce qui accroît la probabilité d'une activité cancérigène. Plusieurs études effectuées sur des animaux plaident également fortement pour une action cancérigène de ce composé. Le principal effet nocif qui ait été démontré définitivement à ce jour chez l'être humain est l'apparition de brûlures et de phlyctènes sur la peau par suite d'un contact prolongé avec le composé non volatilisé. Ce phénomène se produit même pour de faibles concentrations d'oxyde propylénique. On a également fait état de brûlures cornéennes.

L'irritation produite par le *dioxyde de vinylcyclohexène* pur après application sur la peau de lapins rappelle l'œdème et la rougeur que l'on observe après une brûlure du premier degré. L'application cutanée de dioxyde de vinylcyclohexène à des souris provoque l'apparition de cancers (carcinomes spinocellulaires ou sarcomes); l'administration intrapéritonéale à des rats a des effets analogues (sarcomes de la cavité péritonéale). Le composé se révèle mutagène pour *Salmonella typhimurium* TA 100; il entraîne également une augmentation significative des

mutations dans des cellules de hamster chinois. Il doit être considéré comme potentiellement cancérigène et des moyens de prévention technique et sanitaire appropriés doivent être mis en place.

Dans le contexte industriel, le dioxyde de vinylcyclohexène se révèle irritant pour la peau avec apparition de dermatites. On a ainsi observé une vésiculation grave des deux pieds chez un travailleur qui portait des chaussures contaminées par ce composé. Il y a également un risque certain de lésions oculaires. On ne dispose pas d'études concernant les effets chroniques.

L'expérimentation sur la souris et le rat montre que le *2,3-époxypropanol (glycidol)* provoque une irritation oculaire et pulmonaire. La CL₅₀ pour une exposition de 4 heures chez la souris est de 450 ppm, et de 580 ppm pour une exposition de 8 heures chez le rat. Toutefois, à la concentration de 400 ppm, des rats exposés 7 heures par jour pendant 50 jours n'ont pas présenté de signes d'une toxicité générale. Après les quelques premières expositions, on a noté une légère irritation oculaire et une détresse respiratoire.

L'oxyde d'éthylène est un composé très dangereux et très toxique. Il réagit de façon exothermique et peut exploser sous l'effet de la chaleur ou au contact des hydroxydes de métaux alcalins ou de surfaces catalytiques fortement actives. Par conséquent, lorsqu'on l'utilise à des fins industrielles, il est préférable de travailler sous contrôle rigoureux, en vase clos ou en automatique. A l'état liquide, l'oxyde d'éthylène est relativement stable. Sous forme de vapeur, il est très inflammable et peut exploser en présence de chaleur ou de flamme, même à des concentrations ne dépassant pas 3%.

On dispose d'une information abondante concernant les effets que ce composé pourrait avoir sur la santé humaine. L'oxyde d'éthylène est un irritant respiratoire, cutané et oculaire. A forte concentration, il provoque également la dépression du SNC. Certains sujets ont expliqué qu'ils avaient un goût étrange dans la bouche après avoir été exposés à ce composé. Les effets à retardement d'une exposition aiguë et intense consistent en céphalées, nausées, vomissements, essoufflement, cyanose et œdème pulmonaire. D'autres symptômes ont également été observés: somnolence, fatigue, faiblesse et incoordination. Une solution d'oxyde d'éthylène peut causer une brûlure cutanée caractéristique entre 1 à 5 heures après l'exposition. Cette brûlure est caractérisée par des vésicules qui se transforment souvent en bulles coalescentes, accompagnées de desquamation. Les lésions cutanées guérissent souvent spontanément, en laissant subsister une hyperpigmentation au point de brûlure.

L'exposition chronique, ou faible à modérée, à de l'oxyde d'éthylène provoque des effets mutagènes. L'oxyde d'éthylène se comporte également comme alkylant dans les systèmes biologiques: il se fixe sur le matériel génétique et sur d'autres donneurs d'électrons, comme l'hémoglobine, et provoque des mutations et des lésions fonctionnelles. Des lésions chromosomiques sont également observées. Selon une étude réalisée sur des sujets humains exposés, la capacité de réparation de l'ADN endommagé est amoindrie en cas d'exposition faible, mais prolongée, à l'oxyde d'éthylène. Certaines études ont établi un lien entre l'exposition à l'oxyde d'éthylène et une augmentation du nombre absolu de lymphocytes chez des travailleurs exposés; cependant, des études récentes ne confirment pas l'existence d'une telle corrélation.

Le pouvoir cancérigène de l'oxyde d'éthylène a été établi sur plusieurs modèles animaux. Le CIRC classe l'oxyde d'éthylène dans le groupe 1, c'est-à-dire comme cancérigène pour l'humain.

Des leucémies, des mésothéliomes péritonéaux et certaines tumeurs cérébrales ont été observés après inhalation prolongée d'oxyde d'éthylène par des rats et des singes. Selon certaines études, il y a un lien entre l'inhalation d'oxyde d'éthylène et les cancers pulmonaires ou les

lymphomes observés chez des souris de laboratoire. L'Institut national de la sécurité et de la santé au travail (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)) et l'Administration de la sécurité et de la santé au travail (Occupational Safety and Health Administration (OSHA)), aux Etats-Unis, estiment que l'oxyde d'éthylène est cancérigène pour l'être humain. Le premier de ces établissements a conduit une étude à grande échelle sur plus de 18 000 travailleurs exposés à de l'oxyde d'éthylène pendant une durée de 16 ans et constaté que les sujets exposés présentaient une fréquence de cancers du sang et des organes lymphoïdes supérieure à celle attendue. Des études ultérieures n'ont en revanche pas trouvé une fréquence accrue de ces cancers chez les travailleurs exposés. L'un des principaux problèmes posés par ces études, et qui pourrait expliquer leurs résultats contradictoires, est l'impossibilité de quantifier avec précision le degré d'exposition. C'est ainsi qu'une grande partie des résultats dont on dispose quant aux effets cancérigènes de l'oxyde d'éthylène chez les sujets humains ont été obtenus sur des agents hospitaliers employés à la stérilisation au moyen de ce composé. Les personnes ayant occupé ces emplois avant les années mille neuf cent soixante-dix ont probablement subi des expositions plus intenses à l'oxyde d'éthylène, compte tenu de l'état de la technique et de l'insuffisance des moyens de prévention à cette époque (les précautions à observer lors de l'utilisation de l'oxyde d'éthylène dans les unités de soins sont décrites dans le chapitre no 97, «Les établissements et les services de santé», de l' *Encyclopédie*)

On a également attribué à l'oxyde d'éthylène des effets nocifs sur la reproduction chez l'animal comme chez l'être humain. Les mutations létales dominantes qui se produisent dans les gamètes sont à l'origine d'un taux de mortalité embryonnaire plus élevé dans la progéniture de souris et de rats mâles et femelles exposés à l'oxyde d'éthylène. Certaines études ont mis en évidence un lien entre l'exposition à l'oxyde d'éthylène et l'augmentation des avortements spontanés dans l'espèce humaine.

Des effets neurologiques et neuropsychiatriques résultant de l'exposition à l'oxyde d'éthylène ont été observés chez l'animal comme chez l'être humain. Des rats, des lapins et des singes exposés à 357 ppm d'oxyde d'éthylène pendant 48 à 85 jours ont présenté une altération des fonctions motrice et sensorielle, ainsi qu'une atrophie musculaire et une faiblesse des membres postérieurs. Une étude a fait ressortir, chez des travailleurs exposés à l'oxyde d'éthylène, une diminution du sens vibratoire et du réflexe tendineux profond. Les données relatives aux effets neuropsychiatriques qui résulteraient d'une exposition prolongée à de faibles concentrations d'oxyde d'éthylène ne sont pas probantes. Certaines études et un nombre toujours plus important de données anecdotiques incitent à penser que l'oxyde d'éthylène provoque un dysfonctionnement du SNC et une altération des fonctions cognitives — par exemple, obnubilation de la pensée, troubles de la mémoire et temps de réaction ralenti dans certains types de tests.

Selon une étude réalisée sur des sujets travaillant en milieu hospitalier, il y aurait un lien entre l'exposition et la cataracte.

L'exposition à l'oxyde d'éthylène comporte un risque supplémentaire, à savoir la possibilité de formation d'éthylène-chlorhydrate (2-chloroéthanol), qui peut prendre naissance en présence d'humidité et d'ions chlorure. Ce composé présente une forte toxicité générale, et l'exposition à ses vapeurs a causé des décès.

Le *tétrahydrofuranne (THF)* forme des peroxydes explosifs s'il est exposé à l'air. Des explosions peuvent également se produire lorsque le composé est mis en contact avec des alliages lithium-aluminium. Ses vapeurs et ses peroxydes peuvent provoquer une irritation des muqueuses et de la peau, et le composé lui-même est un puissant narcotique.

Alors que les données relatives aux problèmes rencontrés dans l'industrie avec le THF sont

limitées, il est intéressant de noter que des chercheurs ayant participé à l'étude des effets de ce composé sur l'animal se sont plaints de fortes céphalées occipitales et de fatigue après chaque expérience. Chez les animaux soumis à des doses létales de tétrahydrofurane, la narcose se produit rapidement, accompagnée d'hypotonie musculaire et d'une disparition du réflexe cornéen et suivie d'un coma et de la mort. Une seule dose toxique provoque des étourdissements, une irritation des muqueuses avec salivation et écoulement nasal abondants, des vomissements, une hypotension marquée et un relâchement musculaire, ces symptômes étant suivis d'un sommeil prolongé. Généralement, les animaux se rétablissent après l'absorption de ces doses et ne présentent pas d'anomalies biologiques. Après des expositions répétées, il y a irritation des muqueuses et, éventuellement, une atteinte rénale et hépatique. Les boissons alcoolisées renforcent l'effet toxique.

Mesures de sécurité et de santé

La maîtrise des risques que comportent les composés époxydiques consiste essentiellement à réduire les possibilités d'inhalation et de contact avec la peau. Si possible, il faut éviter la contamination à la source en encoffrant les opérations ou en installant une ventilation par aspiration localisée. Lorsque de telles mesures de prévention technique sont insuffisantes pour ramener les concentrations dans l'air à un niveau acceptable, il peut être nécessaire d'avoir recours à des appareils de protection respiratoire pour empêcher l'irritation pulmonaire et la sensibilisation des travailleurs exposés. La préférence va aux modèles qui comprennent un masque à gaz avec cartouches pour l'absorption des vapeurs organiques et filtres à particules à haut rendement ou encore aux appareils de protection respiratoire avec alimentation en air. Toute la surface du corps doit être protégée du contact avec les composés par l'utilisation de gants, tabliers, masques faciaux, lunettes et tout autre équipement et vêtement de protection qui pourraient être nécessaires. Les vêtements contaminés doivent être ôtés aussi rapidement que possible et les territoires cutanés qui ont été contaminés être lavés au savon et à l'eau.

Des douches de sécurité, des fontaines de lavage oculaire et des extincteurs doivent être disposés sur les lieux où l'on utilise des quantités importantes d'époxydes. Les travailleurs doivent disposer d'installations sanitaires comportant eau et savon pour se laver les mains.

Compte tenu du risque potentiel d'incendie lié à ces composés, ni flammes ni autres sources d'ignition, comme les cigarettes, ne doivent être autorisées sur les lieux où ces composés sont stockés ou mis en œuvre.

Les travailleurs contaminés doivent être éloignés du lieu de l'accident et, s'ils ont été touchés aux yeux ou sur la peau, ceux-ci doivent être lavés à grande eau. Les vêtements contaminés doivent être promptement enlevés. Si l'exposition a été grave, une hospitalisation et une période d'observation de 72 heures sont conseillées à la recherche d'un œdème pulmonaire retardé.

Pour ceux des composés époxydiques qui, comme l'oxyde d'éthylène, sont extrêmement volatils, il faut prendre des mesures de sécurité rigoureuses afin d'éviter incendies et explosions. Ces mesures doivent comporter l'élimination des sources d'ignition, y compris l'électricité statique; la mise à disposition de produits d'extinction: mousse, dioxyde de carbone ou produits chimiques secs (si l'on utilise de l'eau pour combattre un incendie de grande ampleur, le tuyau doit être muni d'une buse de brumisation); le recours à la vapeur ou à l'eau chaude pour chauffer l'oxyde d'éthylène pur ou en mélange; et le stockage dans un lieu éloigné de toute source de chaleur des oxydants énergiques, des acides forts, des bases fortes, des chlorures anhydres, du fer, de l'aluminium, de l'étain, de l'oxyde de fer et de l'oxyde d'aluminium.

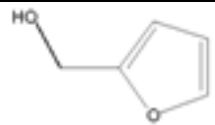


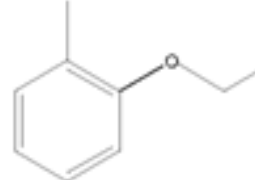
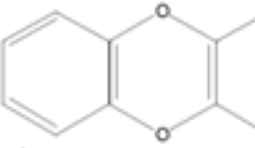
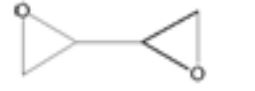
En cas de déversement ou de fuite d'oxyde d'éthylène, il faut appliquer les mesures d'urgence

appropriées et disposer d'équipements de protection. En cas de déversement, la première mesure consiste à évacuer tout le personnel, sauf celui qui participe aux opérations de nettoyage. Toutes les sources d'ignition doivent être neutralisées ou éloignées et le local convenablement ventilé. De petites quantités de liquide répandu peuvent être absorbées avec des linges ou du papier; il faut les laisser s'évaporer dans un lieu sûr, par exemple sous une hotte. Il ne faut pas laisser pénétrer l'oxyde d'éthylène dans un espace confiné tel qu'un égout, et aucun travailleur ne doit pénétrer dans un espace clos où de l'oxyde d'éthylène a été stocké sans s'assurer au préalable que des concentrations toxiques ou explosives ne sont pas présentes. Dans la mesure du possible, l'oxyde d'éthylène doit être conservé et utilisé en vase clos ou dans des espaces munis d'une ventilation par aspiration suffisante.

Les substances ayant des propriétés cancérogènes, comme l'oxyde d'éthylène ou le dioxyde de vinylcyclohexène, doivent être manipulées avec les plus grandes précautions pour éviter tout contact avec la peau et tout risque d'inhalation pendant la fabrication ou l'utilisation. Une bonne conception initiale des ateliers permet d'éviter les fuites et donc le contact avec les produits (légère dépression, travail en vase clos, etc.). Ces mesures de précaution sont décrites plus en détail dans un autre chapitre de l' *Encyclopédie*.

TABLEAUX DES ÉPOXYDES

Tableau 104.49 • Identification chimique

| Nom chimique | Synonymes et numéro ONU | Numéro CAS | Formule développée |
|-----------------------|--|------------|---|
| Alcool furfurylique | Furaneméthanol; alcool furylique UN2874 | 98-00-0 |  |
| Allylglycidyléther | Allyl-2,3-époxypropyléther; 1-(allyloxy)-2,3-époxypropane; 1,2-époxy-3-allyloxypropane; glycidylallyléther UN2219 | 106-92-3 |  |
| Butylglycidyléther | 2,3-Epoxypropyl butyl éther; glycidylbutyléther | 2426-08-6 |  |
| Crésylglycidyléther | Glycidyléther de crésol; éther crésylglycidique; glycidylméthylphényléther | 26447-14-3 |  |
| Dibenzo-p-dioxine | Dibenzodioxine; dibenzo(1,4)dioxine; dibenzo(b,e)(1,4)dioxine; dioxyde de diphenylène | 262-12-4 |  |
| 1,2,3,4-Diépoxybutane | Diépoxyde de butadiène; diépoxyde de 1,3-butadiène; diépoxybutane; 2,4-diépoxybutane | 1464-53-5 |  |

| | | | |
|--|--|-----------|--|
| Diglycidyléther | Di (2,3-époxy)propyléther | 2238-07-5 | |
| 1,1-Diméthyléthylglycidyl éther | Tert-butylglycidyléther; 1-tert-butoxy-2,3-époxypropane; ((1,1-diméthyléthoxy)méthyl)oxiranne | 7665-72-7 | |
| Epichlorhydrine | 3-Chloro-1,2-époxypropane; 1-chloro-2,3-époxypropane; oxyde de (chlorométhyl)éthylène; oxyde de 3-chloro-1,2-propane UN2023 | 106-89-8 | |
| 1,2-Epoxybutane | Oxyde de 1-butène; oxyde de butylène; oxyde de 1,2-butylène; époxybutane UN3022 | 106-88-7 | |
| 1,2-Epoxyéthylbenzène | 1,2-Epoxy-1-phényléthane; époxystyrène; 1-phényl-1,2-époxyéthane; oxyde de phényléthylène; phényloxiranne | 96-09-3 | |
| 1,2-Epoxypropane | 2,3-Epoxypropane; oxyde de méthyléthylène; oxyde propénique; oxyde propylénique UN1280 | 75-56-9 | |
| 2,3-Epoxypropanol | Alcool épihydrique; 2,3-époxy-1-propanol; alcool glycidylique; 3-hydroxy-1,2-époxypropane; glycidol | 556-52-5 | |
| (2,3-Epoxypropyl) triméthylammonium, chlorure de | Oxyde de glycidyltriméthylammonium; chlorure de triméthylglycidylammonium | 3033-77-0 | |
| Ethylène, oxyde d' | Oxyde de diméthylène; époxyéthane; 1,2-époxyéthane UN1040 | 75-21-8 | |

Tableau 104.49 • Identification chimique

| Nom chimique | Synonymes et numéro ONU | Numéro CAS | Formule développée |
|---------------------------|----------------------------|------------|--------------------|
| 2-Ethylhexylglycidyléther | Glycidyl-2-éthylhexyléther | 2461-15-6 | |
| Furfural | 2-Furfural UN1199 | 98-01-1 | |
| Guaïacol | Hydroxyanisole | 90-05-1 | |

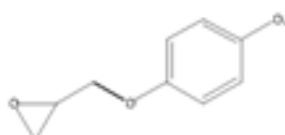
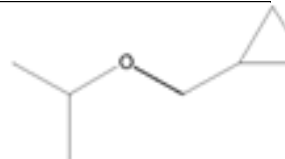
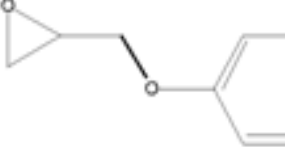
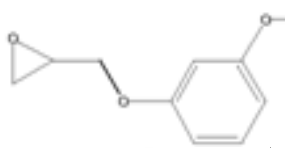


| | | | |
|--------------------------------|---|-----------|---|
| Hydroquinone-diglycidyléther | | 2425-01-6 |  |
| Isopropylglycidyléther | Glycidylisopropyléther; oxyde de 3-isopropoxypropylène; ((1-méthyléthoxy)méthyl)oxirane | 4016-14-2 |  |
| Phénylglycidyléther | 1,2-Epoxy-3-phénoxypropane; 2,3-époxypropylphényléther; éther glycidique de phénol; 3-phénoxy-1,2-époxypropane; phényl 2,3-époxypropyléther | 122-60-1 |  |
| Résorcinol, diglycidyléther de | m-Bis(glycidyoxy)benzène; 1,3-diglycidyoxybenzène; éther diglycidylique de résorcinol | 101-90-6 |  |
| Tétrahydrodiméthylfurane | Tétrahydrodiméthylfurane | 1320-94-1 | nd |
| Tétrahydrofurane | Oxyde de butylène; oxyde de cyclotétraméthylène; oxyde de diéthylène; 1,4-époxybutane; oxyde de tétraméthylène; tétrahydrofurfurane UN2056 | 109-99-9 |  |
| Vinylcyclohexène, dioxyde de | 1,2-Epoxy-4-(époxyéthyl)cyclohexane; 1-époxyéthyl-3,4-époxy-cyclohexane; diépoxyde de 4-vinyl-1,2-cyclohexène; dioxyde de 1-vinyl-3-cyclohexène; dioxyde de 4-vinyl-1-cyclohexène | 106-87-6 |  |

Tableau 104.50 • Risques pour la santé

| Nom chimique et numéro CAS | Fiches internationales de sécurité chimique (ICSC) | | | NIOSH | |
|----------------------------|--|----------------------------|--------------------|-----------|---------------------------------------|
| | Exposition de courte durée | Exposition de longue durée | Voies d'exposition | Symptômes | Organe cibles et voies de pénétration |
| | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|--|------|---|---|--|--|
| Alcool furfurylique 98-00-0 | Yeux; peau; voies respirat oires; poumon s | Peau | Inhalatio n Peau Yeux Ingestio n | Toux, essoufflement, mal de gorge Résorption possible, sécheresse, rougeurs Rougeur, douleurs, larmoiement, vision trouble, œdème palpébral Perte de conscience | Voies respirat oires; yeux; peau; système e nerveux central Inhalatio n; absorpti on; ingestio n; contact | Irritation des yeux et des muqueuses; étourdissement s; nausées; diarrhée; diurèse; dépression respiratoire et baisse de la température corporelle; vomissements; dermatite |
| Allylglycidyléth er 106-92-3 | Yeux; peau; voies respirat oires | Peau | | | Yeux; voies respirat oires; peau; foie; rein Inhalatio n; absorpti on; ingestio n; contact | Irritation des yeux, de la peau, du nez et des muqueuses; œdème s pulmonaire; chez l'animal: lésions hépatiques et rénales |
| Butylglycidylét her 2426-08-6 | Peau | | | | Yeux; peau; voies respirat oires; système e nerveux central; sang Inhalatio n; ingestio n; contact | Irritation des yeux, de la peau et du nez; sensibilisation cutanée; narcose; effets hématopoïétiqu es possibles; dépression du système nerveux central |

| | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|---|--|---|--|
| Diglycidyléther 2238-07-5 | | | | | Yeux; peau; voies respirat oires; appareil reprodu cteur; chez l'animal: tumeurs cutanée s | Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires; brûlures cutanées; chez l'animal: lésions hématopoïétiqu es, pulmonaires, hépatiques et rénales; effets sur la reproduction Cancérogène professionnel potentiel |
| Epichlorhydrin e 106-89-8 | Yeux; peau; voies respirat oires; poumon s; système nerveu x central | Peau; asthme ; gènes; appareil reprodu cteur | Inhalatio n Peau Yeux Ingestio n | Douleurs, sensation de brûlure, toux, respiration laborieuse, essoufflement, vomissements, céphalée perte de conscience Résorption possible, douleurs, rougeurs, brûlures profondes et graves Douleur, vision trouble, brûlures profondes et grave Sensation de brûlure, crampes abdominales, douleurs abdominales, nausées, vomissements, perte de conscience | Voies s, respirat oires; peau; reins; yeux; foie; appareil s reprodu cteur; chez l'animal: cancer des fosses nasales Inhalatio n; absorpti on; ingestio n; contact | Irritation des yeux et de la peau avec fortes douleurs; nausées; vomissements; douleurs abdominales; détresse respiratoire; toux; cyanose; effets sur la reproduction Cancérogène professionnel potentiel |
| 1,2- Epoxybutane 106-88-7 | Yeux; peau; voies respirat oires; poumon s | | Inhalatio n Peau Yeux Ingestio n | Sensation de brûlure, confusion, céphalées, respiration laborieuse, nausées, perte de conscience; les symptômes peuvent être retardés Résorption possible, rougeurs Rougeur Douleurs abdominales | | |

Tableau 104.50 • Risques pour la santé

| Nom chimique et numéro CAS | Fiches internationales de sécurité chimique (ICSC) | | | NIOSH | | |
|-------------------------------|---|----------------------------|---|--|--|---|
| | Exposition de courte durée | Exposition de longue durée | Voies d'exposition | Symptômes | Organe cibles et voies de pénétration | Symptômes |
| 1,2-Epoxypropane 75-56-9 | | | | | Yeux; peau; voies respiratoires; chez l'animal: tumeurs des fosses nasales Inhalation; ingestion; contact | Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires; phlyctènes; brûlures Cancérogène professionnel potentiel |
| 2,3-Epoxypropanol 556-52-5 | Yeux; peau; voies respiratoires; poumons; système nerveux central | Peau | Inhalation Peau Yeux Ingestion | Toux, irritation, étourdissements, narcose, respiration laborieuse Résorption possible, rougeurs, irritation Rougeur, forte irritation, douleurs Douleurs abdominales, irritation | Yeux; peau; voies respiratoires; système nerveux central Inhalation; ingestion; contact | Irritation des yeux, de la peau, du nez et de la gorge; narcose |

Ethylène,
oxyde d'
75-21-8

Yeux; Irritation des
sang; yeux, de la
voies peau, du nez
respirat et de la gorge;
oires; sensation
foie; gustative
systèm particulière;
e céphalées;
nerveux nausées;
central; vomissements;
reins; diarrhée;
peau; dyspnée;
appareil cyanose;
reprodu œdème
cteur; pulmonaire;
cancer somnolence;
du incoordination;
péritoin anomalies
e; électrocardiogr
leucémi aphiques; sous
e forme de
Inhalatio liquide ou de
n; vapeurs
ingestio concentrées:
n (sous brûlures
forme oculaires et
de cutanées;
liquide); sous forme de
contact liquide:
gelures; effets
sur la
reproduction;
chez l'animal:
convulsions;
lésions
hépatiques et
rénales
Cancérogène
professionnel
potentiel

| | | | | | | |
|---------------------|--|-------------------------|---|---|---|---|
| Furfural 98-01-1 | Yeux; peau; voies respirat oires; poumon s; systèm e nerveu x central | Peau; foie; reins | Inhalatio n Peau Yeux Ingestio n | Toux, céphalées, respiration laborieuse, essoufflement, mal de gorge Résorption possible, rougeurs, douleurs Rougeur, douleurs Douleurs abdominales, diarrhée, céphalées, mal de gorge, vomissements | Yeux; peau; voies respirat oires Inhalatio n; absorpti on; ingestio n; contact | Irritation des yeux, de la peau et des voies aériennes supérieures; céphalées; dermatite |
|---------------------|--|-------------------------|---|---|---|---|

| | | | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|---|
| Isopropylglycidyl éther 4016-14-2 | Yeux; peau; voies respiratoires; système nerveux central | | | | Yeux; peau; voies respiratoires; sang; appareil reproducteur Inhalation; ingestion; contact | Irritation des yeux, de la peau et des voies aériennes supérieures; sensibilisation cutanée; effets hématopoïétiques possibles; effets sur la reproduction |
|--------------------------------------|--|--|--|--|--|---|

Tableau 104.50 • Risques pour la santé

| Nom chimique et numéro CAS | Fiches internationales de sécurité chimique (ICSC) | | | | NIOSH | |
|-----------------------------------|--|----------------------------|--------------------------------|---|---|---|
| | Exposition de courte durée | Exposition de longue durée | Voies d'exposition | Symptômes | Organes cibles et voies de pénétration | Symptômes |
| Phénylglycidyl éther 122-60-1 | | | | | Yeux; peau, système nerveux central; système hématopoïétique appareil reproducteur; chez l'animal: cancer des fosses nasales Inhalation; absorption ; ingestion; contact | Irritation des yeux, de la peau et des voies aériennes supérieures; sensibilisation cutanée; narcose; effets hématopoïétiques possibles; effets sur la reproduction Cancérogène professionnel potentiel |
| Tétrahydrofur anne 109-99-9 | Yeux; peau; voies respiratoires; système nerveux central | Peau; foie; reins | Inhalation Peau Yeux | Etourdissements, céphalées, nausées, perte de conscience Sécheresse, rougeurs, rugosité Rougeur, douleurs | Voies respiratoires; peau; yeux; système nerveux central Inhalation; ingestion; contact | Irritation des yeux et des voies aériennes supérieures; nausées; étourdissements; céphalées; dépression du système nerveux central |

| | | | | | |
|--|--|----------------------------|---|---|--|
| Vinylcyclohexène, dioxyde de 106-87-6 | Yeux; peau; voies respiratoires; poumons | Inhalation Peau Yeux | Respiration laborieuse, mal de gorge Résorption possible, rougeurs, œdème Rougeur | Yeux; peau; voies respiratoires; sang; thymus; appareil reproducteur; chez l'animal: tumeurs cutanées Inhalation; absorption; ingestion; contact | Chez l'animal: irritation des yeux, de la peau et des voies aériennes supérieures; atrophie testiculaire; leucopénie; nécrose du thymus; sensibilisation cutanée; Cancérogène professionnel potentiel |
|--|--|----------------------------|---|---|--|

Tableau 104.51 • Risques physiques et chimiques

| Nom chimique et numéro CAS | Propriétés physiques | Propriétés chimiques | Classification ONU/risques secondaires |
|--------------------------------|----------------------|--|--|
| Alcool furfurylique 98-00-0 | | Se polymérise facilement en présence d'acides. Réagit violemment sur les oxydants énergiques ou les acides forts avec risque d'incendie et d'explosion | 6.1 |
| Allylglycidyléthér 106-92-3 | | | 3 |
| Epichlorhydrine 106-89-8 | | Peut se polymériser sous l'effet de la chaleur ou en présence d'acides forts, de bases ou de divers contaminants. La combustion dégage des vapeurs toxiques et corrosives. Se décompose lentement au contact de l'eau. Réagit violemment avec les oxydants énergiques. Réagit violemment sur l'aluminium, le zinc, les poudres métalliques, les alcools, les phénols, les amines (surtout l'aniline) et les acides organiques avec risque d'incendie et d'explosion. Attaque l'acier en présence d'eau | 6.1 |

| | | | |
|--|--|---|-----------|
| 1,2-Epoxybutane 106-88-7 | Vapeur plus lourde que l'air pouvant se propager au niveau du sol; inflammation à distance possible. Vapeur se mélangeant facilement à l'air; des mélanges explosifs se forment facilement. Des charges électrostatiques peuvent apparaître en cas d'écoulement, d'agitation, etc. | Peut se polymériser au contact d'acides, d'alcalis, de chlorures d'étain, d'aluminium et de fer avec risque d'incendie et d'explosion | 3 |
| 1,2-Epoxypropane 75-56-9 | | | 3 |
| 2,3-Epoxypropanol 556-52-5 | | Se décompose au contact des acides forts et des bases, de l'eau, de certains sels (chlorure d'aluminium, chlorure de fer) ou de métaux (cuivre, zinc), avec risque d'incendie et d'explosion. Attaque les plastiques et le caoutchouc | |
| Ethylène, oxyde d' 75-21-8 | | | 6.1 / 2.1 |
| Furfural 98-01-1 | Vapeur plus lourde que l'air | Se polymérise facilement en présence d'acides ou de bases avec risque d'incendie et d'explosion. Réagit violemment avec les oxydants. Attaque de nombreux plastiques | 3 |
| Tétrahydrofurane 109-99-9 | Vapeur plus lourde que l'air pouvant se propager au niveau du sol; inflammation à distance possible | Peut former des peroxydes explosifs. La combustion dégage du monoxyde de carbone. Réagit violemment sur les oxydants énergiques avec risque d'incendie et d'explosion | 3 |
| Vinylcyclohexène, dioxyde de 106-87-6 | | La combustion dégage des fumées acres et des vapeurs irritantes. Réagit avec les composés à hydrogène actif (par exemple, alcools, amines) | |

Tableau 104.52 • Propriétés physiques et chimiques

| Nom chimique et numéro CAS | Couleur/aspect | Point d'ébullition (°C) | Point de fusion (°C) | Mass e molé culaire (g/mol) | Sol ubilité dans l'eau | Den sité (eau = 1) | De nsi té de va peur (air = 1) | Tension de vapeur (kPa) | Limite d'expl osibilité | Poi nt cla ir (°C) | Temp ératur e d'auto -inflammatio n (°C) |
|---|---|-------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| Alcool furfurylique 98-00-0 | Liquid e d'incolor e à jaune; liquide limpide et mobile | 170-171 | -15* | 98,10 | Miscible | 1,128-1,130 | 3,38 | ~60 Pa | 1,8-16,3 | 65 cf | 490-491 |
| Allylglycidyléther 106-92-3 | Liquid e incolore | 154 | -100 | 114,14 | Soluble | 0,962-0,970 | 3,94 | 0,62-0,69 | | 38* cf | |
| Butylglycidyl éther 2426-08-6 | Liquid e incolore et limpide | 166-169 | | 130,19 | Peu soluble | 0,912-0,918 | 3,78 | 0,40 | | 54 cf | |
| Crésylglycidyl éther 26447-14-3 | Liquid e incolore | | | 164,20 | Insoluble | 1,08-1,14 | | 0,20 | | 74 cf | |
| Dibenzo-p-dioxine 262-12-4 | | | 122-123 | 184,19 | Insoluble | | | -0 | | | |
| 1,2:3,4-Diépoxybutane 1464-53-5 | | 138-142 | 2-4 | 86,09 | Très soluble | 1,113 | | 0,92 | | 46* | |
| Diglycidyléther 2238-07-5 | Liquid e incolore | 260 | | 130,14 | | 1,119 | 3,85 | 12 Pa | | 64 cf | |
| 1,1-Diméthyléthylglycidyléther 7665-72-7 | | 152 | -70 | 130,19 | Peu soluble | 0,898-0,917 | | | | 43* | |
| Epichlorhydrine 106-89-8 | Liquid e incolore et mobile | 116-118 | 57* | 92,53 | Peu soluble | 1,180-1,181 | 3,19 | 1,73 | 3,8-21,0 | 31-38 cf | 411-416 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---------|------------|--------|--------------|---------------------|---------------|-----------|----------|---------------|---------|
| 1,2-Epoxybutane 106-88-7 | Liquide incolore | 63 | -150 | 88,11 | Soluble | 0,83 0 | 2,2 -2,5 | 18,8-28,6 | 3,1-20 | - 15 cf | 439 |
| 1,2-Epoxyéthylbenzène 96-09-3 | Liquide d'incolore à jaune clair | 194-195 | -37 à -35 | 120,15 | Insoluble | 1,05 2 | 4,3 0 | 40 Pa | 1,1-22 | 74 cf | 498 |
| 1,2-Epoxypropane 75-56-9 | Liquide éther, incolore | 34-35 | -112 | 58,08 | Très soluble | 0,83 0-0,8 59 | 2,0 | 60,6 | 3,1-27,5 | - 37 cf | 449 |
| 2,3-Epoxypropanol 556-52-5 | Liquide incolore, (décomposition légère) ment visqueux | 166-167 | -54 à -45* | 74,08 | Miscible | 1,11 4 | 2,1 5-2,6 | 0,12 | | 71 cf | 415-416 |
| Ethylène, oxyde d' 75-21-8 | Gaz incolore à température et pression normales; liquide au-dessus de 12 °C | 10-11 | -112 | 44,05 | Soluble | 0,82 2 | 1,4 9-1,52 | 146 | 3-100 | - 57 cf | 429 |
| Furfural 98-01-1 | Liquide ambré; incolore si fraîchement préparé; liquide huileux d'incolore à brun rougeâtre | 162 | -37 à -36 | 96,09 | Soluble | 1,15 6-1,1 59 | 3,3 1 | 0,14-0,23 | 2,1-19,3 | 60 cf | 316 |

| | | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------------|----------------|------------|---------------------|--|------------------|---------|--------|--------------------|
| Guaiacol 90-05-1 | Mass e cristal line de blanc à légère ment jaune; prism es hexag onaux ; crista ux ou liquide | 204-20 6 | 28-32 | 124,1 4 | Peu solu ble | 1,12 9 (crist allisé) 1,11 2 (liqui de) | 4,2 7 | 13,5 Pa | | 82 co |
| Isopropylgly cidyléthér 4016-14-2 | Liquid e incolo re et mobil e | 131-13 7 | | 116,1 6 | Solu ble | 0,92 5 | 4,1 5 | 1,25 | | 32 cf |
| Phénylglycid yléthér 122-60-1 | Liquid e incolo re | 243-24 55 | 3,5* | 150,1 8 | Peu solu ble | 1,10 9-1,1 11 | 4,3 7-5 ,2 | 1,3 Pa | | 11 5* cf |
| Résorcinol, diglycidyléth er de 101-90-6 | Liquid e jaune paille | 172 sous 0,106 kPa | 35-43 | 222,2 4 | Peu solu ble | 1,21 8 | 7,7 * | | | 17 7 co |
| Tétrahydrofu ranne 109-99-9 | Liquid e incolo re et mobil e | 65-66 | -109 à -108 | 72,11 | Misc ible | 0,88 7-0,8 89 | 2,4 9 | 19,28 | 1,5-12 | - 14 1 cf |
| Vinylcyclohe xène, dioxyde de 106-87-6 | Liquid e incolo re | 227 | <-55 | 140,1 8 | Très solu ble | 1,09 6-1,0 99 | 4,8 6 | 13Pa | | 11 0 co |