

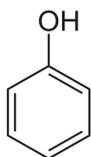
# Phénol

Fiche toxicologique n°15

## Généralités

Edition \_\_\_\_\_ Octobre 2021

Formule :



## Substance(s)

Formule Chimique	Détails	
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	Nom	<b>Phénol</b>
	Numéro CAS	<b>108-95-2</b>
	Numéro CE	<b>203-632-7</b>
	Numéro index	<b>604-001-00-2</b>
	Synonymes	<b>Acide carbolique ; Monohydroxybenzène</b>

## Etiquette



PHENOL

### Danger

- H341 - Susceptible d'induire des anomalies génétiques
- H331 - Toxique par inhalation
- H311 - Toxique par contact cutané
- H301 - Toxique en cas d'ingestion
- H373 - Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée
- H314 - Provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions des yeux

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

203-632-7

*Selon l'annexe VI du règlement CLP.*

**ATTENTION : pour les mentions de danger H301, H311, H331 et H373, se reporter à la section "Réglementation".**

## Caractéristiques

## Utilisations

[1, 3, 5]

Le phénol est principalement utilisé en tant qu'intermédiaire :

- dans l'industrie des matières plastiques (pour la production de bisphénol A utilisé dans la fabrication de résines phénoliques) ;
- pour la fabrication d'alkylphénols, caprolactame, d'acide salicylique, de chlorophénols, de nitrophénols, d'acide picrique, d'acide adipique... ;
- pour la fabrication de plastifiants, d'adhésifs, de durcisseurs, de dissolvants, d'isolants...

Il est également utilisé dans l'industrie pharmaceutique (désinfectant, antiprurigineux, anesthésique local...).

Depuis 2006, le phénol ne peut plus être utilisé comme substance active biocide et il est interdit depuis 2005 dans les cosmétiques.

## Propriétés physiques

[1 à 5]

Dans les conditions normales de température et de pression, le phénol est un solide qui se présente sous la forme d'une masse cristalline ou d'aiguilles incolores, hygroscopique et d'odeur caractéristique à la fois âcre et douceâtre (limite olfactive : 0,05 ppm).

En présence d'impuretés, d'humidité ou de lumière, le phénol se teinte en rose ou rouge. Le phénol se liquéfie en présence de quelques pourcents d'eau (environ 8 %). Les mélanges contenant plus de 10 % d'eau sont commercialisés sous forme de phénol liquide.

À 25 °C, le phénol est modérément soluble dans l'eau (environ 80 g/L) ; il l'est en toute proportion à partir de 65 °C. Il est également très soluble dans de nombreux solvants organiques usuels tels l'acétone, l'éthanol, l'oxyde de diéthyle...

Nom Substance	Détails	
Phénol	Formule	<b>C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O</b>
	N° CAS	<b>108-95-2</b>
	Etat Physique	<b>Solide</b>
	Masse molaire	<b>94,11</b>
	Point de fusion	<b>40,9 °C</b>
	Point d'ébullition	<b>181,8 °C</b>
	Densité	<b>1,07</b>
	Densité gaz / vapeur	<b>3,24</b>
	Pression de vapeur	<b>0,2 hPa à 20 °C 3,5 hPa à 50 °C 54 hPa à 100 °C</b>
	Point d'éclair	<b>79 °C (coupelle fermée)</b>
	Viscosité	<b>3,44 mPa.s</b>
	Température d'auto-inflammation	<b>715 °C</b>
	Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air)	<b>limite inférieure : 1,7 % limite supérieure : 8,6 %</b>
Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow)	<b>1,47</b>	

À 25 °C et 101 kPa, 1 ppm = 3,91 mg/m<sup>3</sup>.

## Propriétés chimiques

[2, 3]

Le phénol peut réagir vivement avec les oxydants puissants.

La réaction entre le phénol et de nombreuses substances (formaldéhyde, chlorure d'aluminium, nitrobenzène, nitrate de sodium, 1,3-butadiène...) peut-être violente.

À chaud, le phénol liquide attaque certains métaux (plomb, zinc, aluminium...) ainsi que certains plastiques, notamment le polyéthylène.

## VLEP et mesurages

### Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

[7 à 9]

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

Substance	Pays	VME (ppm)	VME (mg/m <sup>3</sup> )	VLCT (ppm)	VLCT (mg/m <sup>3</sup> )	VLEP Description
Phénol	France (VLEP réglementaire contraignante - 2019)	2	7,8	4	15,6	mention peau
Phénol	Union européenne (2009)	2	8	4	16	mention peau
Phenol	États-Unis (ACGIH - 1996)	5	19	-	-	mention peau

## Méthodes de détection et de détermination dans l'air

- Prélèvement au travers d'un tube rempli de gel de silice [10, 11] ou de résine XAD7 [12, 13]. Désorption à l'aide de méthanol (ou d'un mélange eau/éthanol). Dosage par chromatographie en phase liquide avec détection UV ou par chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme.

## Incendie - Explosion

[3, 14 à 16]

Le phénol est un solide combustible, modérément inflammable, qui, s'il est sous forme de fines poussières, peut générer des atmosphères explosives. S'il est chauffé, il fond et émet des vapeurs pouvant former des atmosphères explosives (au delà de 79 °C). Les solutions aqueuses de phénol concentrées peuvent également former des atmosphères explosives si elles sont chauffées au delà de leur point d'éclair (à minima 79 °C). Dans certaines conditions, le phénol peut polymériser de façon explosive s'il est chauffé ou exposé à un incendie.

En cas d'incendie, le phénol étant un solide liquéfiable, les agents d'extinction préconisés sont principalement 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. Si du phénol sous forme de poudre est présent dans l'environnement d'extinction, proscrire les agents extincteurs pouvant la remettre en suspension (dioxyde de carbone, poudres chimiques...). En effet, le soulèvement de la poudre par le souffle de projection de l'agent extincteur formera une atmosphère explosive susceptible de s'enflammer en présence de la combustion déjà présente.

En raison de la toxicité des fumées émises lors de la combustion du phénol (dont des hydrocarbures aromatiques polycycliques), les intervenants, qualifiés et informés, seront équipés d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants et de combinaisons de protection.

## Pathologie - Toxicologie

### Toxicocinétique - Métabolisme

[1, 17]

**Absorbé facilement par ingestion, par inhalation ou à travers la peau, le phénol est éliminé rapidement, essentiellement dans l'urine sous forme de dérivé sulfo-conjugué ou glucurono-conjugué.**

### Chez l'animal

#### Absorption

Le phénol est bien absorbé par voies gastro-intestinale, respiratoire et cutanée. Chez le rat, le mouton et le porc, 90, 85 et 84 % respectivement sont absorbés 8 heures après administration d'une dose orale de 25 mg/kg de <sup>14</sup>C-phénol. L'absorption percutanée *in vitro* est d'environ 26 % pour la peau de rat et 19 % pour la peau humaine. La perméabilité cutanée est augmentée pour une solution de phénol chauffée à 37 °C.

#### Distribution

Après absorption, le phénol est rapidement distribué dans tout l'organisme avec des concentrations supérieures à celles du sérum dans le foie, la rate, les reins et les surrénales. La demi-vie d'élimination sanguine est de 12 minutes pour une dose orale de 150 mg/kg ; il n'y a pas d'accumulation et l'élimination tissulaire est complète après 24 heures pour cette dose.

#### Métabolisme

Le phénol est transformé en majorité, quelle que soit la voie d'administration et dans toutes les espèces, en conjugués sulfates et glucuronides. Bien que les sulfotransférases et glucuronyltransférases soient présentes dans la plupart des tissus, les sites majeurs de conjugaison du phénol sont le foie, les poumons et la muqueuse gastro-intestinale. Des différences de métabolisme ont été montrées sur 17 espèces exposées par voie orale à 20 - 50 mg/kg. Le chat ne forme que des conjugués sulfates et le porc que des glucuronides ; 13 à 32 % de la dose chez les carnivores et 3 à 28 % chez les rongeurs sont des conjugués de l'hydroquinone. À faible dose, le phénol est préférentiellement conjugué aux sulfates, alors que le taux de conjugués glucuronides augmente avec la dose ; en revanche, de faibles doses répétées ne modifient pas le rapport sulfates/glucuronides.

#### Élimination

L'excrétion dans l'urine est la voie principale d'élimination des métabolites du phénol chez l'animal comme chez l'homme. De faibles quantités de phénol inchangé sont éliminées à fortes doses (1,3 à 2,7 %). Chez le rat, 75 - 95 % de la dose absorbée sont éliminés dans l'urine en 72 heures quelle que soit la voie d'administration et moins de 5 % dans les fèces. Après exposition orale, 90 % de la dose sont excrétés dans les urines en 8 heures (38,1 % phénol glucuronide, 49,7 % phénol sulfate, 2,1 % hydroquinone glucuronide et 0,9 % hydroquinone sulfate) ; l'élimination est complète après 12 heures. Après exposition cutanée, seuls 40 % de la dose sont éliminés dans l'urine en 4 heures et 75 % en 24 heures. Chez le lapin, exposé à une forte dose (300 mg/kg), environ la moitié est excrétée dans l'urine sous forme inchangée, moins de 1 % sont éliminés dans les fèces et de faibles quantités sont exhalées.

### Chez l'homme

Le phénol est absorbé chez l'Homme par voies orale, cutanée et inhalatoire. Une concentration inhalée de 6 à 20 mg/m<sup>3</sup> est absorbée à 60 à 80 %. Chez des volontaires, le phénol (2,5 - 5 - 10 g/L) déposé sur l'avant-bras, est absorbé de façon constante pendant une heure (0,08 mg/cm<sup>2</sup>/h) puis le taux d'absorption augmente avec la dose (env. 13 % de la dose absorbés en 30 min) [17].

Lors d'une administration orale (0,01 mg/kg), 93 % de la dose sont excrétés dans les urines après 24 heures dont 77 % de phénol-sulfate et 16 % de phénol-glucuronide. Le métabolisme après exposition cutanée n'est pas connu, cependant après une exposition inhalatoire et dermique (25 mg/m<sup>3</sup>, 8 h), la demie-vie d'excrétion a été estimée à 3,5 heures ; 80 à 100 % de la dose d'exposition ont été excrétés en 24 heures.

## Surveillance biologique de l'exposition

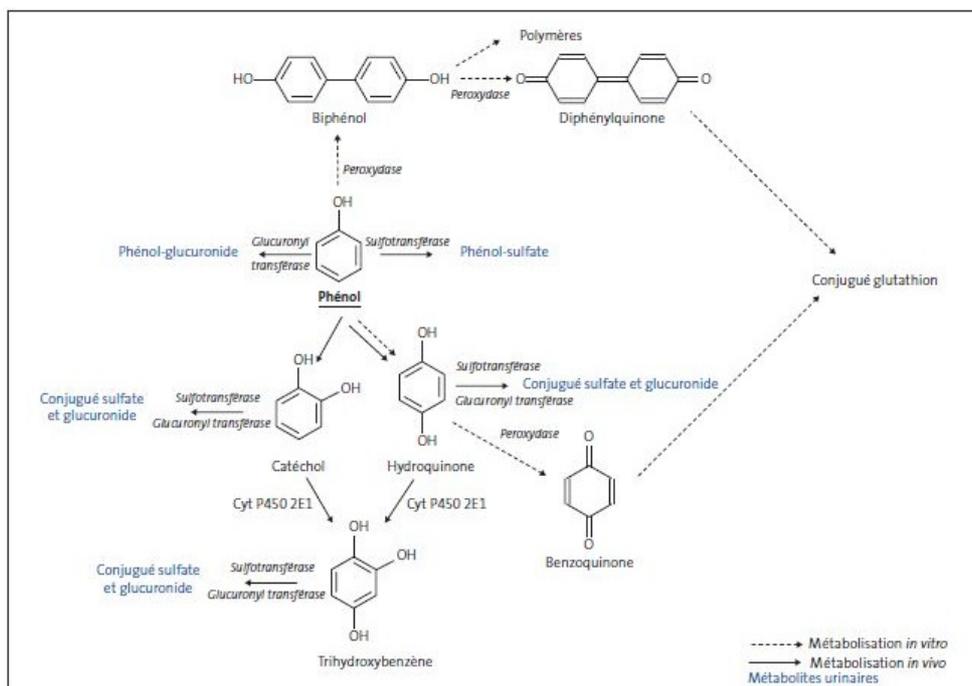
[18]

Le dosage du phénol total urinaire en fin de poste de travail est proposé pour la surveillance biologique de l'exposition.

Différents organismes internationaux ont établi des valeurs biologiques d'interprétation (VBI) pour le milieu professionnel sur la base d'une relation entre les concentrations atmosphériques et urinaires de phénol, correspondant à une exposition moyennée sur 8 heures à 5 ppm (ACGIH) et 2 ppm (SCOEL, FIOH).

Cet indicateur n'est pas spécifique et des co-expositions au benzène (métabolisé en phénol), à des médicaments (lotions camphrées, pastilles antiseptiques pour la gorge, préparations antiacides) sont à prendre en compte.

## Schéma métabolique



Métabolisme du phénol [17]

## Toxicité expérimentale

### Toxicité aiguë

[1, 17]

**En exposition aiguë, le phénol est toxique par voies orale et cutanée, irritant pour le tractus respiratoire et corrosif pour la peau.**

Voie	Espèce	DL50/CL50
Orale	Rat	340 mg/kg
	Souris	300 mg/kg
	Lapin	420 mg/kg
Cutanée	Rat femelle	660-707 mg/kg (± occlusion)
	Lapin	850 mg/kg (± abrasion)
Inhalatoire	Rat	> 236 ppm (900 mg/m <sup>3</sup> ) / 8 h

## Toxicité aiguë du phénol

Après inhalation, les animaux présentent une irritation nasale et oculaire et une légère perte de coordination avec spasmes musculaires et tremblements ; les symptômes disparaissent en 24 heures.

Après exposition orale à forte dose, les animaux meurent en 5 à 150 minutes. Les signes cliniques sont : variations de température corporelle, respiration ralentie et irrégulière, contraction puis dilatation des pupilles, salivation, dyspnée, tremblements, convulsions, léthargie et coma. À dose égale, la toxicité de solutions concentrées ou diluées est quasiment semblable.

De 5 à 10 minutes après exposition cutanée, les rats développent des tremblements musculaires sévères qui évoluent en convulsions, perte de conscience et prostration ; une hémoglobinurie apparaît après 45 à 90 minutes selon la dose. Tous les animaux présentent des lésions cutanées sévères avec œdème immédiat, suivi, dans les 4 heures, de nécrose et, en 24 heures, de blanchiment de la peau et d'un érythème étendu. L'autopsie révèle une congestion rénale et une distension de la vessie avec hématurie ; on observe une nécrose épidermique et dermique de la peau. La sévérité des effets cutanés est augmentée par la présence d'eau dans les solutions diluées.

### Irritation

Le phénol est corrosif pour la peau à partir d'une concentration de 1 % ; instillé dans l'œil de lapin (solution aqueuse à 5 %), il induit une opacification non réversible de la cornée dont la durée et la sévérité sont amoindries par un lavage immédiat.

C'est un irritant respiratoire, la RD50 chez la souris est de 166 ppm.

### Sensibilisation

Les tests de sensibilisation (Buehler chez le cobaye, épaissement de l'oreille (MESA) chez la souris) donnent des résultats négatifs avec des concentrations d'induction de 10 et 5 % respectivement.

## Toxicité subchronique, chronique

[1, 17]

**Une exposition prolongée au phénol induit des effets d'intensité variable selon l'espèce, en particulier sur le système nerveux central, le cœur, le foie et les reins.**

La létalité induite par le phénol est variable selon l'espèce et la voie d'administration :

- chez le rat, elle est importante par gavage (120 mg/kg/j, 14 j), plus faible à nulle par administration dans l'eau de boisson (360 mg/kg/j, 14 j ou 450 mg/kg/j, 103 sem) ou inhalation (0,1 - 0,2 mg/L, 90 j) ;
- chez la souris, aucune létalité après administration dans l'eau de boisson (375 mg/kg/j, 103 sem) ou inhalation (5 ppm, 90 j) ;
- chez le cobaye, détresse respiratoire et létalité importante après 20 jours d'exposition par inhalation (0,1 - 0,2 mg/L) avec modification du tractus respiratoire (inflammation, pneumonie, bronchite), du cœur (inflammation, dégénérescence et nécrose du myocarde, fibrose interstitielle), du foie (dégénérescence centrolobulaire et nécrose) et des reins (lésion du tube proximal et du glomérule) ;
- chez le lapin, un seul décès après 6 applications cutanées (783 mg/kg/j) ; par inhalation (0,1 - 0,2 mg/L, 88 j), les lésions sont semblables à celles du cobaye mais moins sévères.

Une baisse de poids corporel est induite chez le rat et la souris, exposés dans l'eau de boisson, par une baisse de prise d'eau et de nourriture.

Une exposition au phénol provoque des effets sur le système nerveux central ou périphérique des animaux, résultant en tremblements musculaires, mouvements incoordonnés transitoires, déséquilibre, hypothermie, diminution de l'activité spontanée et paralysie des membres antérieurs. Ces effets ne sont pas associés à des lésions morphologiques. Des applications intraneurales ou épidurales à fortes doses ont montré, chez le singe, le rat et le chat, un effet inhibiteur du phénol sur la conduction nerveuse et/ou une dégénérescence des axones et une démyélinisation de la moelle épinière et des nerfs distaux. La NOAEL pour les effets neurologiques est de 200 ppm dans l'eau de boisson du rat (18 mg/kg/j chez le rat mâle, 25 mg/kg/j chez le rat femelle).

Le phénol provoque chez la souris (6,2 mg/kg/j, 28 j dans l'eau de boisson) l'apparition d'une anémie par inhibition de l'érythropoïèse ainsi qu'une baisse de la réponse immunitaire ; cet effet n'a pas été étudié chez d'autres espèces.

## Effets génotoxiques

[1, 17]

**Le phénol est mutagène in vitro pour les cellules de mammifère ; in vivo , il augmente légèrement le taux de micronoyaux dans les érythrocytes, à des doses toxiques uniquement.**

*In vitro*, le phénol induit des mutations (faibles sur V79 et cellules de lymphome de souris, importantes sur cellules embryonnaires de hamster syrien), des aberrations chromosomiques (cellules ovariennes de hamster chinois), des micronoyaux (diverses cellules de mammifères), des échanges entre chromatides sœurs (lymphocytes humains, cellules ovariennes de hamster chinois en présence d'activateurs métaboliques) ainsi que l'induction de la synthèse non programmée de l'ADN (cellules embryonnaires de hamster syrien) ; en revanche, les résultats des tests bactériens et d'un test d'induction d'aneuploïdie (cellules embryonnaires de hamster syrien) sont négatifs.

*In vivo*, le test d'induction de micronoyaux dans les érythrocytes de souris après exposition unique par voie orale (265 mg/kg) donne des résultats faiblement positifs ou négatifs. Une injection intrapéritonéale (ip) à la même dose fournit des résultats positifs mais avec une forte cytotoxicité ; des injections intrapéritonéales multiples (jusqu'à 188 mg/kg) occasionnent des résultats faiblement positifs voire négatifs.

Le phénol n'induit ni aberrations chromosomiques dans la moelle osseuse du rat, après administration orale (510 mg/kg) ou injection intrapéritonéale (180 mg/kg), ni cassures de l'ADN testiculaire (79 mg/kg, ip). Il n'occasionne pas la synthèse d'adduits à l'ADN chez le rat ou la souris.

## Effets cancérigènes

[1, 19]

**Le phénol n'est pas cancérigène dans les tests pratiqués par voie orale ou cutanée ; sur la peau, il agit comme promoteur après une exposition à des substances cancérigènes.**

Administré par voie orale (2500 - 5000 ppm dans l'eau de boisson pendant 103 sem), le phénol n'est pas cancérigène pour le rat ou la souris ; une exposition cutanée (3 mg, 2 fois/sem, 20 sem) chez la souris provoque une inhibition de la croissance des poils et une irritation chronique de la peau mais pas de tumeurs.

Après traitement par le diméthylbenz[a]anthracène, inducteur de cancérigénèse, l'application cutanée de phénol (solution à 10 %, 2 fois/sem) augmente le taux de papillomes et de carcinomes cutanés. Le phénol, par son effet irritant, agirait comme promoteur au niveau de la peau.

## Effets sur la reproduction

[1, 20, 21]

**Le phénol n'agit pas sur la fertilité des rats. Administré pendant la gestation, il est foetotoxique à des doses toxiques pour les mères.**

### Fertilité

Dans un test sur 2 générations, le phénol (200 - 1000 et 5000 ppm soit 15 - 70 - 300 mg/kg/j dans l'eau de boisson, 10 semaines avant accouplement, pendant l'accouplement, la gestation et la lactation), ne modifie pas les capacités reproductrices et la fertilité des rats des 2 sexes.

### Développement

Le phénol administré par voie orale provoque, à une dose toxique pour les mères, une baisse de poids des petits à la naissance, l'apparition de fentes palatines chez la souris (280 mg/kg/j du 6<sup>e</sup> au 15<sup>e</sup> jour de gestation) et un retard d'ossification et de maturation sexuelle chez le rat (360 mg/kg/j par gavage du 6<sup>e</sup> au 15<sup>e</sup> jour de gestation ou 320 mg/kg/j dans l'eau de boisson sur 2 générations) mais pas d'effet tératogène.

Espèce		NOAEL maternel	NOAEL foetal
Rat	Gavage	60 mg/kg/j	120 mg/kg/j
	Eau de boisson	93 mg/kg/j	93 mg/kg/j
Souris	Gavage	140 mg/kg/j	140 mg/kg/j

Doses sans effet toxique observé pour le développement.

*In vitro*, le phénol, en absence d'activateurs métaboliques, n'a pas d'effet sur le développement de l'embryon de rat en culture jusqu'à la dose de 1 600 µM ; en présence d'activateurs métaboliques, la croissance et le développement des embryons sont inversement proportionnels à la dose à partir de 10 µM. Les métabolites du phénol présentent des effets embryotoxiques *in vitro*, sans apport d'activateurs métaboliques ; le plus toxique est l'aldéhyde t,t-muconique qui induit 100 % d'embryolétalité à 50 µM.

## Toxicité sur l'Homme

**Les intoxications professionnelles aiguës sont le fait de contacts cutanés accidentels ; les effets neurologiques parfois sévères peuvent être associés à des troubles respiratoires et des atteintes hépatiques et rénales retardées. Des cas mortels sont décrits. Le contact avec le phénol provoque des effets caustiques sur la peau et de graves lésions oculaires. L'exposition répétée se caractérise par des troubles digestifs, neurologiques et cutanés. Les données sont insuffisantes pour juger des effets cancérogènes ou sur la fonction de reproduction chez l'Homme.**

## Toxicité aiguë

[1]

Les intoxications aiguës professionnelles sont rares et interviennent essentiellement par voie cutanée (produit répandu sur la peau), la faible volatilité du phénol limitant les risques d'inhalation de concentrations importantes.

La gravité de l'intoxication cutanée est fonction du temps de contact, de l'étendue de la zone exposée, de la concentration de la solution et de la susceptibilité individuelle du sujet. Les symptômes apparaissent très rapidement (en 15 à 20 minutes) : maux de tête, faiblesse musculaire, étourdissement, troubles de la vision et de l'audition, respiration rapide et irrégulière, pouls faible, perte de conscience, la mort pouvant survenir par défaillance respiratoire (entre 30 minutes et quelques heures après le contact) ; en cas de rémission, on observe des atteintes rénale (oligurie ou anurie) et hépatique (ictère par nécrose). Des décès ont été rapportés pour des contacts cutanés de 5 à 30 minutes avec des solutions contenant de 80 à 100 % de phénol. Une intoxication sévère a été décrite suite à une projection d'une solution de phénol à 90 % sur un pied, soit 3 % de la surface cutanée corporelle.

L'inhalation donne en plus des signes d'irritation respiratoire avec toux et dyspnée ; en cas d'ingestion, en plus de l'effet caustique sur le tube digestif, on observe des troubles neurologiques (coma, convulsions), cardio-vasculaires (bradycardie, troubles de l'excitabilité, collapsus), une cytolysé hépatique, une méthémoglobinémie avec hémolyse et une nécrose tubulaire rénale. Les urines sont brun foncé à cause des pigments de l'hémoglobine et des métabolites du produit. Un œdème pulmonaire retardé, de mécanisme non élucidé, est habituel.

Localement, le phénol et ses solutions concentrées exercent une action caustique sur la peau. La surface exposée devient blanche, la douleur due à la brûlure ne se manifestant qu'avec retard en raison de l'action analgésique du produit ; sans lavage abondant de la zone de contact, on peut avoir une destruction tissulaire et une gangrène. Des solutions diluées peuvent entraîner une dermite sévère, surtout si le contact est répété.

Par voie orale, des décès sont rapportés pour des doses de 140 à 290 mg/kg de poids corporel.

Les projections sur l'œil de phénol ou de solutions concentrées provoquent une irritation sévère qui peut aller jusqu'à la destruction de la cornée s'il n'y a pas de décontamination immédiate.

Aucun cas d'allergie cutanée n'a été signalé chez l'Homme.

## Toxicité chronique

[1]

L'intoxication chronique se caractérise par des troubles digestifs (vomissements, difficulté à avaler, ptyalisme, diarrhée, anorexie), nerveux (maux de tête, évanouissement, vertiges, troubles mentaux) et cutanés (érythèmes, eczémas avec parfois ochronose). Ces symptômes sont connus sous le nom de marasme phéniqué. Dans les cas sévères, on note une atteinte hépatique et rénale. Certaines issues fatales ont été rapportées.

## Effets cancérogènes

[1]

Une étude cas-témoins a été publiée à propos de tumeurs respiratoires. Aucune conclusion ne peut en être tirée du fait d'une co-exposition et d'une absence de relation dose- réponse.

Une étude de mortalité chez des salariés employés dans des industries produisant du phénol ne montre pas d'augmentation statistiquement significative de cancers.

## Effets sur la reproduction

Aucune donnée humaine n'a été publiée.

## Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : octobre 2021

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° 2019-1487 du 27 décembre 2019 fixant des VLEP contraignantes - JO du 29/12/2019).

### Valeurs limites d'exposition professionnelle (Européennes)

- Directive 2009/161/UE de la Commission du 17 décembre 2009 (JOUE du 19 décembre 2009).

### 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.

### Entreprises extérieures

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

### Travaux interdits

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

## Classification et étiquetage

### a) **substance** phénol

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. Les classifications et étiquetages du phénol figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. La classifications est :

- Mutagénicité sur les cellules germinales, catégorie 2 ; H341
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 3 (\*) ; H331
- Toxicité aiguë (par voie cutanée), catégorie 3 (\*) ; H311
- Toxicité aiguë (par voie orale), catégorie 3 (\*) ; H301
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles - Exposition répétée, catégorie 2 (\*) ; H373 (\*\*)
- Corrosion, catégorie 1B ; H314

(\*) Cette classification est considérée comme une classification minimale ; la classification dans une catégorie plus sévère doit être appliquée si des données accessibles le justifient. Par ailleurs, il est possible d'affiner la classification minimum sur la base du tableau de conversion présenté en Annexe VII du règlement CLP quand l'état physique de la substance utilisée dans l'essai de toxicité aiguë par inhalation est connu. Dans ce cas, cette classification doit remplacer la classification minimale.

(\*\*) Selon les règles de classification préexistante, la classification s'appliquait pour une voie d'exposition donnée uniquement dans les cas où il existait des données justifiant la classification en fonction de cette voie. Le règlement CLP prévoit que la voie d'exposition ne doit être indiquée dans la mention de danger que s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie ne peut conduire au même danger. Faute d'informations sur les voies d'exposition non classées (absence de données ou absence d'effet), la classification préexistante a été convertie en classification CLP mais sans précision de voie d'exposition".

b) des **mélanges** contenant du phénol

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour le phénol quant à l'irritation et à la corrosion.

## Protection de la population

- Article L. 1342-2 du Code de la santé publique en application du règlement (CE) n° 1272/2008 (CLP) :
  - détention dans des conditions déterminées (article R. 1342-21) ;
  - étiquetage (cf. § Classification et étiquetage) ;
  - cession réglementée (articles R. 5132-58 et R. 5132-59).

## 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 ([www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr\\_f.html](http://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/adr/adr_f.html)). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

## Recommandations

En raison de sa toxicité et de ses propriétés corrosives, des mesures de prévention strictes s'imposent lors du stockage et de l'utilisation du phénol et de ses solutions aqueuses.

## Au point de vue technique

### Information et formation des travailleurs

- **Instruire le personnel** des risques présentés par la substance, des précautions à observer, des mesures d'hygiène à mettre en place ainsi que des mesures d'urgence à prendre en cas d'accident.
- **Former les opérateurs** à la manipulation des moyens d'extinction (extincteurs, robinet d'incendie armé...).
- **Former les opérateurs** au risque lié aux atmosphères explosives (risque ATEX) [14].
- 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. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** des vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur [22].
- **Réduire** le nombre de personnes exposées au phénol.
- Éviter tout rejet atmosphérique de phénol.
- Faire évaluer **annuellement** l'exposition des salariés au phénol présent dans l'air par un **organisme accrédité, sauf dans le cas où** l'évaluation des risques a conduit à un **risque faible** (§ Méthodes de détection et de détermination dans l'air).
- Les équipements et installations conducteurs d'électricité utilisant ou étant à proximité de phénol 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 [23].
- Les opérations génératrices de sources d'inflammation (travaux par point chaud type soudage, découpage, meulage...) réalisées à proximité ou sur les équipements utilisant ou contenant du phénol doivent faire l'objet d'un **permis de feu** [24].
- Au besoin, les espaces dans lesquels la substance est stockée et/ou manipulée doivent faire l'objet d'une **signalisation** [25].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du phénol sans prendre les précautions d'usage [26].
- Supprimer toute source d'exposition par contamination en procédant à un **nettoyage régulier** des locaux et postes de travail, **à l'humide** ou en utilisant un **système d'aspiration adapté aux poussières combustibles**.

### 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) [27, 28]. 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 [29 à 32].

- Appareils de protection respiratoire : Si un appareil filtrant peut être utilisé, il doit être muni d'un filtre de type A, combiné à un filtre P3 en cas d'émission d'aérosols [33].
- Gants : Les matériaux préconisés pour un **contact prolongé** de solutions concentrées de phénol (> 70 %) sont les caoutchoucs butyle et néoprène, les élastomères fluorés Viton<sup>®</sup> et Viton<sup>®</sup> /Butyl Rubber et le matériau multi-couches Silver Shield<sup>®</sup> PE/EVAL/PE. Les caoutchoucs naturel et nitrile ainsi que le polychlorure de vinyle sont à éviter [34 à 36].
- 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** 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** [37].
- 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 [38].

## Stockage

- Stocker le phénol et ses solutions dans des locaux **frais et sous ventilation mécanique permanente**. Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, de toute source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...).
- Le stockage du phénol et ses solutions s'effectue habituellement dans des récipients en verre ou en acier inoxydable. Le cuivre, l'aluminium, le zinc et les matières plastiques sont à éviter. Dans tous les cas, il convient de s'assurer auprès du fournisseur de la substance ou du matériau de stockage de la **bonne compatibilité** entre le matériau envisagé et la substance stockée.
- **Fermer soigneusement** les récipients et les étiqueter conformément à la réglementation. Reproduire l'étiquetage en cas de fractionnement.
- Le sol des locaux sera **imperméable** et formera **une cuvette de rétention** afin qu'en cas de déversement, la substance ne puisse se répandre au dehors.
- Mettre le matériel **électrique et non-électrique**, y compris l'**éclairage** et la **ventilation**, en conformité avec la réglementation concernant les atmosphères explosives.
- Mettre à disposition dans ou à proximité immédiate du local/zone de stockage des moyens d'extinction adaptés à l'ensemble des produits stockés.
- **Séparer** le phénol et les solutions aqueuses de phénol des produits comburants et oxydants. 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 phénol.
- 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 solutions de phénol, récupérer le produit en l'épongeant avec un **matériau absorbant inerte** (diatomite, vermiculite, sable). Laver à grande eau la surface ayant été souillée [39]. En cas de déversement accidentel de phénol solide, **le balayage et l'utilisation de la soufflette sont à proscrire**. Récupérer le produit après l'avoir humidifié pour éviter la formation de poussières ou en l'aspirant avec un **aspirateur adapté à l'aspiration de poussières combustibles**.
- 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** et de **douches de sécurité** [40].
- 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 :**
  - **Examen clinique** : rechercher particulièrement des signes d'atteintes cutanées, digestives, respiratoires ou neurologiques traduisant une intoxication chronique.
  - **Examens complémentaires** : l'examen clinique initial peut être complété par une radiographie pulmonaire et des épreuves fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examen de référence. La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires (radiographie pulmonaire, épreuves fonctionnelles respiratoires, contrôle des fonctions hépatique et rénale...) seront déterminées par le médecin du travail en fonction des données de l'examen clinique et de l'appréciation de l'importance de l'exposition.
- **Fertilité / Femmes enceintes et/ou allaitantes :**
  - Il est conseillé de ne pas commencer une grossesse dans les trois mois suivant une exposition accidentelle, maternelle ou paternelle.
  - Des difficultés de conception chez l'homme et/ou la femme seront systématiquement recherchées à l'interrogatoire. Si de telles difficultés existent, le rôle de l'exposition professionnelle doit être évalué. Si nécessaire, une orientation vers une consultation spécialisée sera proposée en fournissant toutes les données disponibles sur l'exposition et les produits.
  - L'exposition à cette substance doit être évitée pendant toute la grossesse et l'allaitement du fait de sa génotoxicité sur les cellules germinales. 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.
  - Informer les salariées exposées des dangers de cette substance pour la fertilité et la grossesse et de l'importance du respect des mesures de prévention.
  - 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** : le dosage du phénol total urinaire en fin de poste de travail est proposé pour la surveillance biologique de l'exposition. Des valeurs biologiques d'interprétation (VBI) pour le milieu professionnel correspondant à une exposition moyennée sur 8 heures à 2 ppm et 5 ppm sont proposées par différents organismes [18].
- **Autres** : déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols de cette substance.

### Conduite à tenir en cas d'urgence

- **En cas de projections cutanées** : appeler immédiatement un SAMU ou un centre antipoison, faire transférer la victime par ambulance médicalisée en milieu hospitalier dans les plus brefs délais. Retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes. 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.
- **En cas de projections oculaires** : appeler immédiatement un SAMU. 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. Dans tous les cas consulter un ophtalmologiste, et le cas échéant signaler le port de lentilles.
- **En cas d'inhalation massive de vapeurs ou d'aérosols** : appeler immédiatement un SAMU, faire transférer la victime par ambulance médicalisée en milieu hospitalier dans les plus brefs délais. 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). Prévenir du risque de survenue d'un œdème pulmonaire lésionnel dans les 48 heures suivant l'exposition et de la nécessité de consulter en cas d'apparition de symptômes respiratoires.
- **En cas d'ingestion** : appeler immédiatement un SAMU ou un centre antipoison, faire transférer la victime en milieu hospitalier par ambulance médicalisée dans les plus brefs délais. 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, ne pas tenter de provoquer des vomissements.

## Bibliographie

- 1 | Phenol. European Union Risk Assessment Report. European Chemicals Bureau. Vol 64, novembre 2006 (<https://echa.europa.eu/fr/informationon-chemicals>).
- 2 | Phenol. Fiche IPCS. ICSC 0070. International Labour Organization (ILO), avril 2017 (<https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home>).
- 3 | Phenol. In : PubChem. US NLM (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 4 | Phenol. Dossiers d'enregistrement. ECHA (<https://echa.europa.eu/fr/informationon-chemicals>).
- 5 | Phénol. Fiche de données toxicologiques et environnementales. INERIS (<https://substances.ineris.fr/fr/substance/1481>).
- 6 | Phenol. In : Gestis-databank on hazardous substances. BGIA (<https://gestis-database.dguv.de/search>).
- 7 | Phénol. Liste des VLEP françaises. INRS (<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil65>).
- 8 | Courtois B et al. – Les valeurs limites d'exposition professionnelle. Brochure ED 6443. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 9 | Phenol. Documentation of the TLVs® and BEIs® with worldwide occupational exposure values. Cincinnati : ACGIH, CD-ROM, 2020.
- 10 | Phénol M-182. In : MétroPol, INRS, 2015 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>).
- 11 | Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse des gaz et des vapeurs organiques. Prélèvement par pompage sur tube à adsorption et désorption au solvant. Norme française homologuée NF X 43-267. La Plaine Saint Denis : AFNOR ; 2014.
- 12 | Phenol and Cresol. Method ID-32. In OSHA Sampling and Analytical Methods. OSHA, 2001 (<https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>).
- 13 | CRESOL (all isomers) and PHENOL. Method 2546. In NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4th edition. NIOSH, 1994 (<https://www.cdc.gov/niosh/nmam/>).
- 14 | Mise en oeuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique ED 945. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 15 | Evaluation du risque incendie dans l'entreprise. Guide méthodologique ED 970. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 16 | Les extincteurs d'incendie portatifs, mobiles et fixes. Brochure ED 6054. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 17 | Toxicological Profile for phenol - tp 115. ATSDR, septembre 2008 (<https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/index.html>).
- 18 | Phénol. In : BIOTOX. INRS, (<http://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>).
- 19 | Bioassay of Phenol for possible carcinogenicity (CAS n° 108-95-2). National Toxicology Program Toxicity Report. TR-203 ; 2004 (<https://ntp.niehs.nih.gov/>).
- 20 | Teratologic Evaluation of Phenol (CAS n° 108-95-2) in CD<sup>®</sup> Rats. NTP Study TER 81104 ; 1983 (<https://ntp.niehs.nih.gov/>).
- 21 | Teratologic Evaluation of Phenol (CAS n° 108-95-2) in CD-1<sup>®</sup> Mice. NTP Study TER 80129 ; 1983 (<https://ntp.niehs.nih.gov/>).
- 22 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 23 | Phénomènes électrostatiques. Brochure ED 6354. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 24 | Le permis de feu. Brochure ED 6030. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 25 | Signalisation de santé et de sécurité au travail - Réglementation. Brochure ED 6293. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 26 | 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](https://www.ameli.fr/val-de-marne/entreprise/tableau_recommandations)).
- 27 | 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/>).

- 28 | EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion. Notes techniques NT33. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 29 | 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>).
- 30 | 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>).
- 31 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants à usage unique. Dépliant ED 6168. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 32 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants réutilisables. Dépliant ED 6169. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 33 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 34 | Des gants contre le risque chimique. Fiche pratique de sécurité ED 112. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 35 | Forsberg K, Den Borre AV, Henry III N, Zeigler JP – Quick selection guide to chemical protective clothing. 7<sup>th</sup> ed. Hoboken : John Wiley & Sons ; 293 p.
- 36 | Phénol. In : ProtecPo Logiciel de pré-sélection de matériaux de protection de la peau. INRS-IRSST, 2011 (<https://protecpo.inrs.fr/ProtecPo/jsp/Accueil.jsp>).
- 37 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 38 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 39 | Les absorbants industriels. Aide-mémoire technique ED 6032. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 40 | Equipements de premiers secours en entreprise : douches de sécurité et lave-œil. Fiche pratique de sécurité ED 151. INRS (<https://www.inrs.fr>).

## Auteurs

N. Bonnard, M.-T. Brondeau, D. Jargot, D. Lafon, F. Marc, S. Miraval, N. Nikolova-Pavageau, S. Robert, O. Schneider

## Historique des révisions

1 <sup>re</sup> édition	1966
2 <sup>e</sup> édition (mise à jour complète)	1982
3 <sup>e</sup> édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Réglementation</li> </ul>	1997
4 <sup>e</sup> édition (mise à jour complète)	2008
5 <sup>e</sup> édition	2011
6 <sup>e</sup> édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Utilisations</li> <li>■ Valeurs limites d'exposition professionnelle</li> <li>■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air</li> <li>■ Incendie - Explosion</li> <li>■ Toxicocinétique - Métabolisme : surveillance biologique de l'exposition</li> <li>■ Réglementation</li> <li>■ Recommandations</li> <li>■ Bibliographie</li> </ul>	Octobre 2021