# Diisocyanate de tolylène

## Fiche toxicologique n°46 - Edition Juin 2026

## Généralités

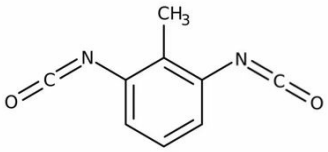
Le diisocyanate de tolylène ou TDI se présente généralement sous forme d'un mélange d'isomères renfermant 80 % de 2,4-diisocyanate de tolylène et 20 % de 2,6-diisocyanate de tolylène [1 à 5].

Sauf indication contraire, cette fiche traite du mélange TDI = (80 % 2,4-TDI) / (20 % 2,6-TDI).

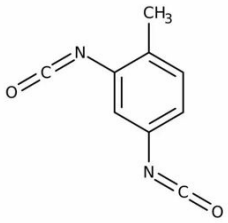
Il existe cependant d'autres formes mises sur le marché :

- 100 % 2,4-TDI
- (65 % 2,4-TDI) / (35 % 2,6-TDI).

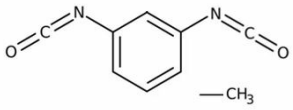
## Formule chimique



Diisocyanate de 2-méthyl-m-phénylène



Diisocyanate de 4-méthyl-m-phénylène



Diisocyanate de méthyl-m-phénylène

## Substance(s)

| Nom | Détails | |
|---|---|---|
| Diisocyanate de 2-méthyl-m-phénylène | Famille chimique | **Isocyanates** |
| | Numéro CAS | **91-08-7** |
| | Numéro CE | **202-039-0** |
| | Numéro index | **615-006-00-4** |
| | Synonymes | **2,6-TDI ; 2,6-Diisocyanate de tolylène ; 1,3-Diisocyanato-2-méthylbenzène ; 2,6-Diisocyanatotoluène** |
| Diisocyanate de 4-méthyl-m-phénylène | Famille chimique | **Isocyanates** |
| | Numéro CAS | **584-84-9** |
| | Numéro CE | **209-544-5** |
| | Numéro index | **615-006-00-4** |
| | Synonymes | **2,4-TDI ; 2,4-Diisocyanate de tolylène ; 1,3-Diisocyanato-4-méthylbenzène ; 2,4-Diisocyanatotoluène** |
| Diisocyanate de méthyl-m-phénylène | Famille chimique | **Isocyanates** |
| | Numéro CAS | **26471-62-5** |
| | Numéro CE | **247-722-4** |
| | Numéro index | **615-006-00-4** |
| | Synonymes | **TDI ; Diisocyanate de tolylène ; 1,3-Diisocyanatométhylbenzène ; Diisocyanatotoluène** |

## Etiquette

*(mise à jour : juin 2025)*

**DIISOCYANATE DE 2-MÉTHYL-m-PHÉNYLÈNE**

### Danger

- H315 - Provoque une irritation cutanée
- H317 - Peut provoquer une allergie cutanée
- H319 - Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 - Mortel par inhalation
- H334 - Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 - Peut irriter les voies respiratoires
- H351 - Susceptible de provoquer le cancer
- H412 - Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme

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

202-039-0

| Noms chimiques - Numéro Index | Étiquetages harmonisés selon le règlement CLP (CE n° 1272/2008) |
|---|---|
| **DIISOCYANATE DE 4-MÉTHYL-m-PHÉNYLÈNE**<br>615-006-00-4 | <br>Danger, H315, H317, H319, H330, H334, H335, H351, H412 |
| **DIISOCYANATE DE MÉTHYL-m-PHÉNYLÈNE**<br>615-006-00-4 | <br>Danger, H315, H317, H319, H330, H334, H335, H351, H412 |

- *Selon l'annexe VI du règlement CLP. Ces étiquetages harmonisés et les classifications associées sont d'application obligatoire. Ces classifications harmonisées doivent être complétées le cas échéant par le metteur sur le marché (autoclassification) et les substances étiquetées en conséquence (cf. § "Classification et étiquetage" du chapitre "Réglementation").*
- *Attention : pour la mention de danger H330, se reporter au paragraphe "Classification et étiquetage" du chapitre "Réglementation".*
- *Si ces substances sont mises sur le marché sous forme d'un isomère spécifique ou d'un mélange d'isomères, le fournisseur doit préciser la forme commercialisée (Note C).*

## Caractéristiques

### Utilisations

*(mise à jour : juin 2025)*

[1 à 7]

Le TDI est une matière première principalement utilisée pour la synthèse de polyuréthanes :

- sous forme de mousses souples (siège automobile, matelas, rembourrage, matelassage, emballage...) ;
- sous forme de mousses rigides (réservoir de stockage, tuyauterie, équipement de réfrigération...).

Il intervient également dans la fabrication d'autres composés de polyuréthane utilisés comme adhésifs, matières plastiques, peintures, enduits, revêtements et dans la synthèse d'élastomères (semelle de chaussure, fibres synthétiques...).

### Propriétés physiques

*(mise à jour : juin 2025)*

[1 à 7]

Le TDI (ainsi que chaque isomère) se présente sous la forme d'un liquide incolore ou jaune pâle d'odeur piquante et pénétrante détectable à de faibles concentrations (de l'ordre de 1 ppm).

Il est pratiquement insoluble dans l'eau qui le décompose, mais est soluble dans de nombreux solvants organiques : acétone, hydrocarbures benzéniques et chlorés.

| Nom Substance | Détails | |
|---|---|---|
| 2,6-TDI | Formule | **$C_9H_6N_2O_2$** |
| | N° CAS | **91-08-7** |
| | Etat Physique | **Liquide** |
| | Masse molaire | **174,16 g/mol** |
| | Point de fusion | **18,3 °C** |
| | Point d'ébullition | **250 °C** |
| | Densité | **1,22 à 20 °C** |
| | Densité gaz / vapeur | **6 (air = 1)** |
| | Pression de vapeur | **2,8 Pa à 25 °C** |
| | Point d'éclair | **127 °C** |
| | Température d'auto-inflammation | **> 600 °C** |
| | Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air) | **limite inférieure : 0,9 %**<br>**limite supérieure : 9,5 %** |
| | Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow) | **3,74 (estimé)** |
| 2,4-TDI | Formule | **$C_9H_6N_2O_2$** |
| | N° CAS | **584-84-9** |
| | Etat Physique | **Liquide** |
| | Masse molaire | **174,16 g/mol** |
| | Point de fusion | **21 °C** |
| | Point d'ébullition | **251 °C** |
| | Densité | **1,22 à 20 °C** |
| | Densité gaz / vapeur | **6 (air = 1)** |
| | Pression de vapeur | **2,1 Pa à 20 °C**<br>**3 Pa à 30 °C** |
| | Point d'éclair | **131 °C** |
| | Température d'auto-inflammation | **> 600 °C** |
| | Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air) | **limite inférieure : 0,9 %**<br>**limite supérieure : 9,5 %** |
| | Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow) | **3,43 (estimé)** |
| TDI | Formule | **$C_9H_6N_2O_2$** |
| | N° CAS | **26471-62-5** |
| | Etat Physique | **Liquide** |
| | Masse molaire | **174,16 g/mol** |
| | Point de fusion | **9,5 °C** |
| | Point d'ébullition | **252 - 254 °C** |
| | Densité | **1,22 à 20 °C** |
| | Densité gaz / vapeur | **6 (air = 1)** |
| | Pression de vapeur | **1,5 Pa à 20 °C**<br>**1,9 Pa à 50 °C** |
| | Point d'éclair | **132 °C** |
| | Température d'auto-inflammation | **> 600 °C** |
| | Limites d'explosivité ou d'inflammabilité (en volume % dans l'air) | **limite inférieure : 0,9 %**<br>**limite supérieure : 9,5 %** |
| | Coefficient de partage n-octanol / eau (log Pow) | **3,43 (estimé)** |

À 25 °C et 101,3 kPa, 1 ppm = 7,12 mg/m $^3$.

## Propriétés chimiques

*(mise à jour : juin 2025)*

[1 à 7]

Le TDI se décompose à températures élevées (supérieures à 200 °C) avec émission de gaz (oxydes d'azote et de carbone, acide cyanhydrique, isocyanates), ce qui peut conduire à une montée en pression rapide.

Il s'hydrolyse au contact de l'eau avec formation de polyurées solides et insolubles ainsi que de dioxyde de carbone gazeux pouvant conduire à une surpression dans les récipients fermés.

Les acides, alcools, amines et les bases réagissent facilement avec le TDI ; cette réaction s'accompagne d'une augmentation de température et peut devenir violente à des températures élevées.

Le TDI peut attaquer certains types de plastique et de caoutchouc et certains métaux comme l'aluminium, le cuivre et ses alliages, l'étain ainsi que les matériaux galvanisés (à base de zinc).

# VLEP et mesurages

## Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP)

*(mise à jour : juin 2026)*

[8]

Des VLEP dans l'air des lieux de travail ont été établies pour le TDI et les diisocyanates.

| Substance | Pays | VLEP 8h (ppm) | VLEP 8h (mg/m³) | VLEP CT (ppm) | VLEP CT (mg/m³) | Valeur Plafond (ppm) | Valeur Plafond (mg/m³) | Commentaires |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diisocyanates | France (VLEP réglementaires indicatives - 2026) | - | 0,01 (*) | - | 0,02 (*) | | | Mentions peau, sensibilisations cutanée et respiratoire<br>VLEP jusqu'au 31/12/2028 |
| Diisocyanates | France (VLEP réglementaires contraignantes - 2026) | - | 0,006 (*) | - | 0,012 (*) | | | Mentions peau, sensibilisations cutanée et respiratoire<br>VLEP à partir du 01/01/2029 |
| Diisocyanates | Union européenne (2024) | - | 0,01 (*) | - | 0,02 (*) | | | Mentions peau, sensibilisations cutanée et respiratoire<br>VLEP jusqu'au 31/12/2028 |
| Diisocyanates | Union européenne (2024) | - | 0,006 (*) | - | 0,012 (*) | | | Mentions peau, sensibilisations cutanée et respiratoire<br>VLEP à partir du 01/01/2029 |
| Toluene diisocyanates | Allemagne (valeurs MAK) | 0,001 | 0,007 | 0,001 | 0,007 | 0,005 | 0,035 | Mentions sensibilisations cutanée et respiratoire |

(*) Mesurés en NCO, NCO désignant les groupes fonctionnels isocyanates des composés diisocyanates.

## Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

*(mise à jour : juin 2025)*

Le TDI peut être présent dans l'air des lieux de travail sous forme de vapeur ou d'aérosol. Le TDI étant très réactif, pendant son prélèvement une étape consiste à le piéger par réaction avec un agent dérivant imprégné sur le support de prélèvement pour former un dérivé uréide stable et non volatil. Par exemple, les agents dérivants utilisés sont le 1-(2-méthoxyphényl)pipérazine [9 à 12], le 1-(9-anthracénylméthyl)pipérazine [13, 14], le pipérazine-1-(2-pyridyl) [15], le (N-méthylaminométhyl)-9-anthracène [12, 16] ou encore la dibutylamine [17].

Le prélèvement du TDI peut se faire à l'aide d'un filtre imprégné seul ou situé en aval d'un autre filtre [10 à 17]. Cette méthode d'échantillonnage est efficace à la fois pour les prélèvements de courte durée de gaz et de particules mais dans certains cas, en présence d'autres espèces réactives ou en présence de particules de diamètre aérodynamique supérieur à 20 µm, la dérivation peut être incomplète et nécessite une extraction sur site.

Dans le cas où la composition de l'air à échantillonner est inconnue ou pour les prélèvements sur de plus longues durées, il est recommandé d'utiliser :

- un dispositif de prélèvement de type CIP-10-I, équipé d'une coupelle rotative contenant une mousse polyuréthane préalablement imprégnée d'agent dérivant [9]. À noter que cette méthode est aussi conseillée et validée pour les prélèvements court terme.
- un impacteur ou un barboteur contenant une solution réactive d'agent de dérivation dans un solvant organique comme le toluène couplé, en aval, à un filtre imprégné [10 à 14, 18] car le barboteur seul ne prélève pas les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2 µm [19, 20]. Ces méthodes sont utilisables si des moyens de captage des vapeurs de solvants sont utilisés. En effet, l'évaporation du solvant au cours du prélèvement peut conduire à la surexposition des salariés. L'utilisation d'une solution de benzoate de butyle moins volatile ou d'un dispositif de prélèvement sans solvant utilisant de la dibutylamine peut permettre de limiter cette surexposition [13, 14, 17].

Les filtres sont extraits dans l'acétonitrile ou un mélange acétonitrile/DMSO. La solution de barbotage est évaporée puis le résidu est repris dans un solvant ou un mélange de solvant adapté comme l'acétonitrile, un mélange acétonitrile/DMSO et destruction éventuelle de l'excès de réactif. Parfois, la méthode nécessite une purification sur phase solide [13, 14]. Le dosage du dérivé uréide formé est réalisé par chromatographie liquide couplée à une détection par ultraviolet, fluorescence, électrochimique ou par spectrométrie de masse. La méthode analytique doit permettre la quantification des monomères et des oligomères afin de fournir une concentration en NCO total.

## Incendie - Explosion

*(mise à jour : juin 2025)*

[21 à 23]

Le TDI (ainsi que ses isomères) est un liquide combustible mais faiblement inflammable (point d'éclair en coupelle fermée de l'ordre de 130 °C) dont les vapeurs (si la substance est chauffée au minimum à des températures voisines de son point d'éclair) peuvent former des mélanges explosifs avec l'air dans des proportions allant de 0,9 % à 9,5 % en volume.

En cas d'incendie impliquant le TDI, les agents d'extinction préconisés sont préférentiellement la mousse, le dioxyde de carbone, la poudre ou l'eau pulvérisée avec additif (par exemple, un AFFF, agent formant un film flottant). L'utilisation d'agents extincteurs à base d'eau doit cependant être réalisée avec précautions compte tenu de la décomposition de la substance en dioxyde de carbone dans ces conditions (risque d'augmentation de pression et d'éclatement des réservoirs).
L'eau pourra être utilisée sous forme pulvérisée pour refroidir les récipients clos exposés au feu mais elle ne doit jamais pénétrer à l'intérieur des récipients.

En raison de la toxicité des fumées émises lors de la combustion du TDI (contenant notamment des oxydes d'azote et de carbone et des traces de cyanure d'hydrogène), les personnes chargées de la lutte contre l'incendie seront équipées d'appareils de protection respiratoire autonomes isolants.

## Pathologie - Toxicologie

### Toxicocinétique - Métabolisme

***Le TDI est principalement absorbé par voie respiratoire. A la suite d'une exposition par inhalation, la majorité du TDI forme des adduits avec les macromolécules de l'organisme alors que par voie orale, il est rapidement métabolisé en toluènediamines (TDA) libres ou acétylées. Les 2,4- et 2,6-TDI conjugués aux macromolécules, les TDA et leurs produits acétylés sont excrétés dans les urines et les fèces.***

#### Chez l'animal

*(mise à jour : décembre 2017)*

##### Absorption

Chez le rat, le taux d'absorption par voie orale du 2,4-TDI est compris entre 12 et 20 %, après administration d'une dose unique de 60 mg/kg par gavage ; par voie respiratoire, entre 60 et 90 % du 2,4-TDI inhalé est absorbé, à la suite d'une exposition à 2 ppm pendant 4 heures [24].

Très peu d'informations sont disponibles pour la voie cutanée. Suite à l'application de 330 mg/kg pc de 2,4-TDI sur la peau de rats pendant 8 heures maximum, moins de 1 % de la dose initiale est retrouvé dans l'urine, le sang et les os [25].

##### Distribution

Après inhalation de 2 ppm de 2,4-TDI radiomarqué pendant 4 heures, les niveaux les plus importants de radioactivité sont mesurés dans les os, la peau et le tractus gastro-intestinal des rats [24]. A la suite d'une exposition de 4 heures (0,026 - 0,143 et 0,821 ppm, $^{14}$C-2,4-TDI), les niveaux les plus élevés de 2,4-TDI sont retrouvés dans le sang, le foie, l'estomac, les reins, les poumons et la trachée des rats [26].

De même, après ingestion, le 2,4-TDI est principalement retrouvé dans la peau, les poumons, le foie et les reins de rats ayant reçu par gavage 60 mg/kg $^{14}$C-TDI [24].

Suite à l'application de 330 mg/kg de $^{14}$C-2,4-TDI pendant 0,5 - 1 ou 8 heures sur la peau de rats, de très faibles quantités sont détectées dans les os (0,25 - 0,44 et 0,52 % de la dose initiale) [25].

##### Métabolisme

A la suite d'une exposition par voie orale, le TDI peut subir une hydrolyse acide et former les métabolites suivants : 2,4-toluènediamine (2,4-TDA) dans le cas de l'isomère 2,4-TDI, et 2,6-toluènediamine (2,6-TDA) dans le cas de l'isomère 2,6-TDI. Ceux-ci peuvent ensuite être acétylés ou bien réagir avec des molécules de TDI libres et former ainsi des polyurées.

*A contrario*, après inhalation, une très faible proportion de TDI est hydrolysée en TDA, la majorité du TDI formant des adduits avec les macromolécules de l'organisme (conjugués labiles acides) [24].

##### Excrétion

La voie fécale est la principale voie d'excrétion chez des rats exposés au 2,4-TDI marqué au carbone 14 par voie orale ou par inhalation. Les 2,4- et 2,6-TDI conjugués aux macromolécules, les TDA et leurs produits acétylés sont détectés dans l'urine qui constitue la seconde voie d'élimination [24].

#### Chez l'Homme

*(mise à jour : décembre 2017)*

Dans le milieu professionnel, les travailleurs sont exposés au TDI principalement par la voie respiratoire. A partir de l'analyse des métabolites urinaires (diamines), les taux d'absorption ont pu être estimés chez des volontaires exposés à un mélange de 2,4-TDI et 2,6-TDI (65-35 %). A la suite d'une exposition à 25, 50 ou 70 µg/m$^3$ de ce mélange pendant 4 heures, les urines des volontaires ont été recueillies sur une journée : les taux d'absorption estimés se situent autour de 14 à 19 % pour le 2,4-TDI et autour de 17 à 23 % pour le 2,6-TDI [27].

Aucune donnée n'est disponible pour les voies orale et cutanée.

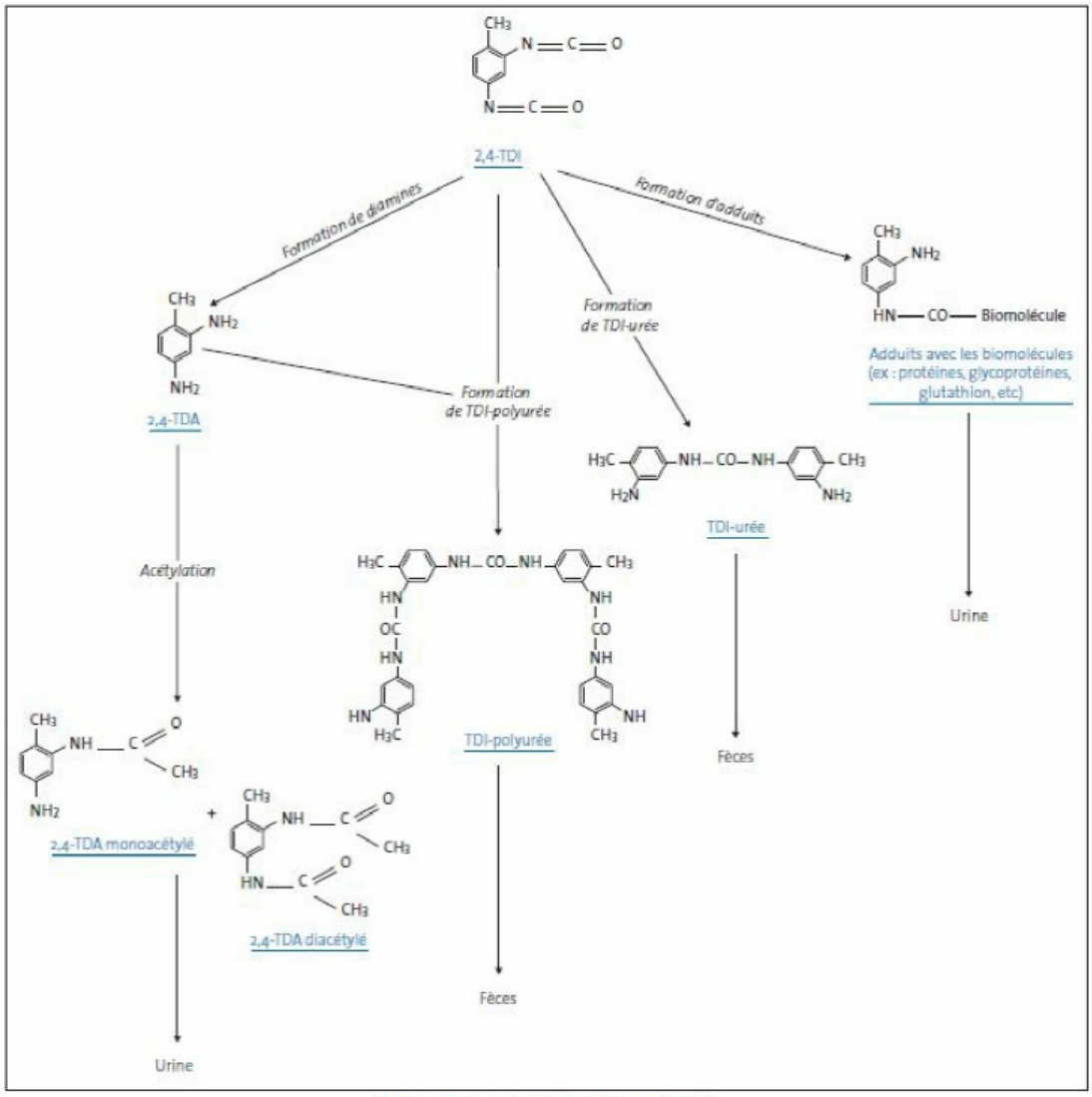
Le TDI est hydrolysé rapidement au niveau du tractus respiratoire en 2,4- et 2,6-toluènediamines (TDA), qui après passage sanguin, sont acétylées au niveau hépatique (réaction catalysée par la N-acétyltransférase) puis éliminées essentiellement par voie urinaire sous forme acétylée. De plus, le TDI forme des adduits avec les protéines plasmatiques (les demi-vies des adduits sont de 10 et 21 jours).

Dans les études d'exposition contrôlée effectuées chez des volontaires, les demi-vies plasmatiques de la 2,4- et de la 2,6-TDA sont de 2 à 5 heures pour la première phase et supérieures à 6 jours pour la seconde phase ; les demi-vies urinaires de la 2,4-TDA et de la 2,6-TDA sont respectivement de 1,6 heure et de 1,9 heure pour la phase rapide et de 5 heures pour la seconde phase.

Chez les travailleurs exposés de façon chronique, les demi-vies des TDA sont considérablement allongées : les demi-vies plasmatiques de la 2,4- et de la 2,6-TDA sont de 21 jours, les demi-vies urinaires étant de 5,8 à 11 jours pour la 2,4-TDA et de 6,4 à 9,3 jours pour la 2,6-TDA. Une accumulation au cours de la semaine est possible.

#### Schéma métabolique

*(mise à jour : décembre 2017)*




Métabolisme du 2,4-TDI (modifié d'après [28])

## Toxicité expérimentale

***Le TDI est très toxique par inhalation. Il entraîne des irritations respiratoires, cutanées et oculaires et peut provoquer une sensibilisation respiratoire et cutanée. Lors d'expositions répétées, une atteinte sévère du tractus respiratoire est observée.***

***Les tests de génotoxicité réalisés* in vitro *donnent des résultats positifs, alors que ceux menés* in vivo *s'avèrent négatifs ; cette différence s'expliquerait par la formation probable de TDA dans le milieu d'incubation des cellules. Des effets cancérogènes sont rapportés chez les rongeurs uniquement par voie orale. Aucun effet sur le développement ou la fertilité n'est mis en évidence chez le rat.***

### Toxicité aiguë

*(mise à jour : décembre 2017)*

La toxicité aiguë du TDI est résumée dans le tableau suivant [5]. La mortalité est causée par un œdème pulmonaire, une pneumonie et des hémorragies pulmonaires sévères [6].

| Voie | Espèce | DL $_{50}$ ou CL $_{50}$ (4 heures) |
|---|---|---|
| Orale | ▪ Rat<br>▪ Souris | ▪ 4000 – 6000 mg/kg<br>▪ 4000 – 6000 mg/kg |
| Cutanée | ▪ Lapin | ▪ 10 000 mg/kg |
| Respiratoire (aérosol) | ▪ Rat<br>▪ Souris<br>▪ Lapin<br>▪ Cochon d'Inde | ▪ 0,1 mg/L (14 ppm)<br>▪ 0,07 mg/L (10 ppm)<br>▪ 0,08 mg/L (11 ppm)<br>▪ 0,09 mg/L (13 ppm) |

Le TDI administré par voie orale chez des rats (dose unique par gavage, 2150 - 3160 - 4640 - 6810 - 10 000 ou 14 700 mg/kg) entraîne une diminution du poids moyen des mâles. Des lésions au niveau du tractus gastro-intestinal sont observées et, avant la mort, les animaux présentent une respiration difficile, un état léthargique et des diarrhées. Des cristaux blancs dans l'estomac et une coloration rouge foncé des poumons sont observés à la nécropsie [29].

Une exposition au 2,4-TDI par voie respiratoire chez la souris est à l'origine d'une irritation sensorielle avec baisse de la fréquence respiratoire : la $RD_{50}$ est estimée entre 0,81 et 0,20 ppm (respectivement après 10 et 240 minutes d'exposition) [30]. Une $RD_{50}$ de 0,26 ppm (après 180 minutes d'exposition) est obtenue pour le 2,6-TDI [31]. Des lésions sont observées au niveau du tractus respiratoire (inflammation, hyperplasie, dégénérescence, ulcération et métaplasie) et dépendent de la concentration [32].

**Irritation, sensibilisation**

Chez le lapin, une seule application cutanée de TDI (de 2,5 à 9,4 g/kg) provoque des symptômes d'irritation (érythème, œdème, puis nécrose) réversibles dans les 14 jours suivant l'exposition. Des tests d'irritation oculaire effectués chez le lapin démontrent des effets modérés à forts pour le TDI (opacité cornéenne réversible en 7 jours ou 30 jours chez quelques animaux, injection de l'iris réversible en 7 à 8 jours et conjonctivite avec écoulement purulent persistant pendant 18 à 20 jours chez quelques animaux).

Des tests de sensibilisation respiratoire réalisés chez le cochon d'Inde montrent une production d'anticorps à partir de 0,25 ppm de TDI inhalé pendant 5 jours. À partir de 3 ppm, on observe une hyperréactivité bronchique à l'histamine ainsi qu'une obstruction bronchique persistante [33]. Des études récentes ont mis en évidence une possible interdépendance de l'irritation respiratoire et de la sensibilisation, avec l'existence d'un seuil : chez les rongeurs, la dose sans effet pour la sensibilisation respiratoire est comprise entre 0,005 et 0,03 ppm, avec la survenue des 1 ers effets entre 0,02 et 0,4 ppm [34].

Le test de maximalisation de Magnusson et Kligman effectué chez le cochon d'Inde, révèle pour l'isomère 2,4-TDI des effets sensibilisants cutanés modérés à forts. Chez la souris, le 2,4-TDI possède la capacité d'induire une hypersensibilité respiratoire à la suite d'une exposition cutanée [35].

## Toxicité subchronique, chronique

*(mise à jour : décembre 2017)*

[29, 36]

**Voie respiratoire**

Une exposition subaiguë de 3 semaines (6 h/j, 5 j/sem) produit chez des rats une légère irritation des voies nasales à 0,24 ppm et une perte de poids, des changements progressifs de la fonction pulmonaire et quelques morts à 2,83 ppm. Pour ces doses, l'examen histopathologique montre des lésions de l'épithélium du tractus respiratoire. À partir de 5 ppm pendant 1 mois, 6 heures par jour, le TDI provoque la mort de tous les rats exposés, due à un blocage de la respiration par des débris muqueux provenant des bronches et de la trachée. Une exposition plus longue au TDI (0,1 ppm, 6 h/j, 1 fois/sem, 38 sem) entraîne la survenue de pneumopathies, trachéites et bronchites.

Une exposition chronique de 2 ans au TDI (souris et rats, 6 h/j, 5 j/sem, 0,05 et 0,15 ppm) est à l'origine d'une augmentation dose-dépendante des rhinites nécrotiques ou chroniques et des effets sur le tractus respiratoire inférieur (pneumonie interstitielle, bronchite catarrhale) chez les souris des 2 sexes, ainsi qu'une augmentation du taux de mortalité à toutes les doses chez les souris femelles. Les rats exposés présentent des effets mineurs : diminution du gain de poids et rhinites chroniques, à 0,05 et 0,15 ppm [37].

Les effets sont également sévères chez le cochon d'Inde exposé pendant un mois à plus de 35 ppm de TDI (réactions asthmatiques au cours des premières inhalations, puis dyspnée continue jusqu'à la fin de l'étude, survenue de bronchiolite oblitérante, pneumonie et emphysème avec peu de guérison) et chez le chien (1,5 ppm, 30 - 120 min/j, 4 mois) : larmoiement, toux, agitation, inflammation de la trachée et des grosses bronches, hypersécrétion de mucus épais dans les bronches et les bronchioles.

**Voie orale**

L'administration de TDI par gavage pendant 14 jours (0 - 30 - 60 - 120 - 240 ou 500 mg/kg) entraîne, chez le rat, une diminution du gain de poids à partir de 60 mg/kg/j. Des bronchopneumonies sont observées chez des rats exposés pendant 13 semaines à 240 mg/kg/j de TDI, avec une plus forte incidence chez les mâles, mais également à toutes les doses testées lors d'une étude chronique de 2 ans (30 et 60 mg/kg pc/j pour les mâles ; 60 et 120 mg/kg pc/j pour les femelles [29].

## Effets génotoxiques

*(mise à jour : décembre 2017)*

[38]

***In vitro***

Des études ont montré que le TDI produit une augmentation dose-dépendante de la fréquence des mutations chez plusieurs souches de *Salmonella typhimurium* (TA 98, TA 100 et TA 1538), en présence d'activation métabolique. De plus, les deux isomères 2,4-TDI et 2,6-TDI, testés isolément, montrent des effets mutagènes ponctuels dans le test de mutation au locus tk sur cellules L5178Y (cellules de lymphome de souris), avec activation métabolique. Le TDI donne également des résultats positifs dans le test de mutation létale récessive liée au sexe chez la drosophile.

Dans les lymphocytes humains, le TDI produit des cassures de l'ADN et des aberrations chromosomiques, mais aucun échange de chromatides sœurs ou de transformation cellulaire n'a été mis en évidence. Dans les cellules ovariennes de hamster, le 2,6-TDI induit des échanges de chromatides sœurs et des aberrations chromosomiques, sans activation métabolique ; dans les mêmes conditions avec le 2,4-TDI, des résultats équivoques sont obtenus en ce qui concerne les échanges de chromatides sœurs et aucune aberration chromosomique n'est observée.

***In vivo***

L'administration de TDI par voie respiratoire (0,05 ou 0,15 ppm, 6h/j, 5 j/sem, 4 sem) n'induit pas d'augmentation significative des micronoyaux dans les érythrocytes de moelle osseuse, chez le rat et la souris [37].

## Effets cancérogènes

*(mise à jour : décembre 2017)*

[29]

Des études de toxicité chronique sur deux ans ont été effectuées chez des rongeurs, recevant du TDI par voie orale (30 et 60 mg/kg pc/j pour les rats mâles, 120 et 240 mg/kg pc/j pour les souris mâles, 60 et 120 mg/kg pc/j pour les femelles).

Chez les rats mâles, une augmentation dose-dépendante de l'incidence de fibromes et/ou de fibrosarcomes sous-cutanés, d'adénomes des cellules acineuses pancréatiques et d'adénomes et de carcinomes des îlots de Langerhans est observée. Cette augmentation est significative à la plus forte dose testée. Les rats femelles présentent, quant à elles, une augmentation significative de l'incidence de fibroadénomes mammaires aux 2 doses et, à la plus forte dose testée, une augmentation de l'incidence d'adénomes des îlots de Langerhans et de tumeurs sous-cutanées .

Chez les souris femelles, une augmentation dose-dépendante des incidences combinées d'hémangiomes (de la rate et des tissus sous-cutanés) et d'hémangiosarcomes (du foie, des ovaires et du péritoine) ainsi que d'adénomes hépatocellulaires a été rapportée. Aucune augmentation de la fréquence d'apparition de tumeurs n'a été signalée chez les souris mâles, probablement en raison du faible nombre de survivants.

Aucun effet cancérogène n'est observé chez le rat et la souris exposés par inhalation au TDI (0 - 0,05 - 0,15 ppm, 6 h/j, 5 fois par semaine, pendant 2 ans, corps entier).

Les tumeurs observées par voie orale sont probablement liées à la conversion rapide en milieu acide du TDI en TDA, cancérogène avéré pour les rongeurs. Certains auteurs ont donc suggéré que la conversion du TDI en TDA, nécessaire au développement de tumeurs, ne se produirait pas dans les conditions physiologiques d'exposition et que le mécanisme de cancérogénicité n'était donc pas pertinent pour les salariés exposés par inhalation **[6, 39]**.

### Effets sur la reproduction

*(mise à jour : décembre 2017)*

#### Fertilité

Les effets du TDI sur la fertilité ont été évalués lors d'une étude sur deux générations chez des rats exposés par inhalation (6 h/j, 5 j/sem, 10 sem puis 7 j/sem après accouplement) à des vapeurs de TDI (0,02 - 0,08 - 0,3 ppm). Une diminution du poids corporel ainsi que le développement de rhinites sont décrits chez les parents des deux générations F0 et F1. Cependant, aucun effet sur la fertilité, ni d'anomalie au niveau des organes reproducteurs, ni d'effets sur la gestation ou sur la lactation, n'a été observé. Seule une diminution du poids corporel et du gain de poids apparaît au cours de la lactation dans la génération F2 pour des concentrations de TDI de 0,08 et de 0,3 ppm **[40]**.

#### Développement

Lors d'une étude de développement, menée chez des rats femelles gravides exposées à des vapeurs de TDI (0,02 - 0,1 - 0,5 ppm, 6 h/j, du 6 e au 15 e jour de gestation), une diminution du poids corporel et de la consommation alimentaire, ainsi qu'une respiration difficile et des sécrétions nasales, ont été observées chez les mères à la plus forte concentration. L'exposition au TDI n'a pas provoqué de perte pré- ou post-implantatoire, de changement du sexe ratio et du poids fœtal, d'augmentation de malformations et de variations du Développement fœtal **[41]**.

## Toxicité sur l'Homme

***La projection cutanéomuqueuse de TDI provoque des brûlures chimiques d'intensité variable en lien avec la concentration et le temps de contact. L'exposition aiguë à des vapeurs ou aérosols peut provoquer une irritation des yeux et des voies aériennes supérieures et inférieures. L'exposition chronique au TDI peut être à l'origine d'un asthme professionnel. Plus rarement, des dermatites de contact allergique ou irritative, ainsi que des pneumopathies d'hypersensibilité sont observées. Les données disponibles ne permettent pas de conclure quant aux éventuels effets génotoxiques et cancérogènes du TDI. Aucune donnée concernant des effets sur la reproduction n'est disponible chez l'Homme.***

### Toxicité aiguë

*(mise à jour : juin 2025)*

**[6, 32, 36, 42 à 46]**

La projection cutanéomuqueuse provoque des brûlures chimiques d'intensité variable en lien avec la concentration et le temps de contact.

L'exposition aiguë à des vapeurs ou aérosols de TDI peut provoquer une irritation des yeux et des voies aériennes supérieures et inférieures, un syndrome d'irritation bronchique aigu (RADS ou syndrome de dysfonction réactive des voies respiratoires) avec dans certains cas persistance d'une hyperréactivité bronchique à distance de l'épisode d'exposition, voire une pneumonie chimique et un œdème pulmonaire lésionnel en cas d'exposition massive.
Des expositions allant jusqu'à 0,02 ppm de TDI pendant 15 min semblent sans effet adverse notable chez les sujets sains. Chez les sujets asthmatiques ou présentant une hyperréactivité bronchique non spécifique, des symptômes respiratoires peuvent être observés pour des concentrations de TDI de 0,01 à 0,02 ppm, voire de l'ordre de 0,001 ppm chez ceux présentant un asthme au TDI.

Dans une étude d'exposition contrôlée, 3 des 10 volontaires sains exposés à 0,02 ppm de TDI pendant 2 heures ont rapporté une irritation oculaire et/ou une toux. Un des 15 volontaires asthmatiques (sans sensibilisation au TDI) exposés à 0,01 puis à 0,02 ppm pendant 1 heure consécutivement, a présenté une réaction asthmatique sévère après 15 minutes d'exposition à 0,01 ppm, et 4 ont manifesté des symptômes de type oppression thoracique, toux, dyspnée, rhinite, irritation de la gorge.

Chez 6 volontaires sains exposés quotidiennement à différentes concentrations de TDI (mélange de 2,4-TDI et 2,6-TDI (65-35 %), 2,4- ou 2,6-TDI) jusqu'à 30 minutes (0,01-1,3 ppm, une concentration par jour, nombre de jours non précisé), une légère irritation oculaire et nasale est notée respectivement à 0,05 et 0,08 ppm. Par ailleurs, une irritation oculaire et naso-pharynhgée marquée est retrouvée chez l'ensemble des sujets (larmoiement, picotement oculaire et nasal, rhinite, sensation de brûlures de la gorge) à 0,5 ppm, ainsi qu'une irritation intolérable avec persistance de rhinite et toux plusieurs heures après arrêt de l'exposition chez les 2 sujets exposés à 1,3 ppm pendant 10 minutes.

### Toxicité chronique

*(mise à jour : juin 2025)*

**[6, 32, 36, 43 à 45]**

Le TDI est un sensibilisant reconnu par voie cutanée ou respiratoire.

- **Asthme [47, 48]**

La symptomatologie associant toux sèche, dyspnée, rhinite et sifflements survient le plus souvent après une période de latence variable (de quelques semaines à plus de 10 ans). La réponse est le plus souvent retardée mais elle peut également être immédiate. Le mécanisme impliqué peut être immunologique (IgE dépendant ou non) ou non immunologique. Une réactivité croisée entre différents diisocyanates a été décrite. La relation dose-réponse n'est pas complètement établie et il est difficile de définir un seuil sans effet. Les rôles respectifs de la concentration atmosphérique moyenne sur 8 heures et des pics d'exposition dans l'apparition de l'asthme au TDI ne sont pas élucidés. L'incidence annuelle de l'asthme au TDI semble décroître au fil des années avec la baisse des niveaux d'exposition au TDI en milieu professionnel, elle serait inférieure à 1 % lorsque la concentration moyenne de TDI sur 8 heures est maintenue en deçà de 0,005 ppm. Chez certains sujets présentant un asthme au TDI, la réponse pulmonaire peut être observée pour des concentrations aussi basses que 0,001 ppm lors de tests de provocation bronchique. De plus, le suivi à long terme montre une persistance possible de l'asthme malgré l'éviction en lien avec une importante hyperréactivité bronchique **[49]**.

- **Déclin accéléré de la fonction respiratoire**

Certaines études ont montré une diminution du VEMS (volume expiratoire maximal seconde) pouvant être secondaire à un asthme persistant ou sévère ou en rapport avec l'inflammation chronique des voies aériennes basses consécutive à l'exposition répétée à des irritants associée à l'exposition au TDI ; d'autres études n'ont pas retrouvé une telle association. Dans les publications les plus récentes, il n'y a pas de preuve consistante d'un déclin accéléré du VEMS chez des salariés exposés à des niveaux inférieurs à 0,005 ppm de TDI en moyenne sur 8 heures.

- **Pneumopathie d'hypersensibilité (PHS)** [50, 51]

C'est une affection rare dont la présentation clinique est similaire à celles des PHS secondaires à d'autres étiologies. Dans les formes aiguës, il s'agit d'un syndrome pseudo-grippal avec fièvre, toux, dyspnée survenant dans les 2 à 9 heures après l'exposition. Le plus souvent, le scanner thoracique montre un aspect réticulonodulaire ou en verre dépoli, les épreuves fonctionnelles respiratoires retrouvent une atteinte de la DLCO (mesure de la diffusion du monoxyde de carbone) et un syndrome restrictif, une lymphocytose est présente dans le liquide de lavage bronchoalvéolaire. La recherche d'IgG spécifiques n'est pas toujours positive. L'éviction professionnelle semble être le facteur le plus déterminant pour une évolution favorable même si elle n'est pas toujours suffisante pour éviter l'apparition d'une fibrose pulmonaire.

- **Dermatites de contact allergique / d'irritation**

Des dermatites de contact sont plus rarement rapportées. Dans une étude finlandaise chez 338 salariés testés avec la batterie « isocyanates » entre 2010 et 2019, 53 présentaient un patch-test positif à au moins un monomère dont 5 au TDI [52]. Quatre salariés avaient manipulé des colles à base de polyuréthane. Pour le dernier sujet, assistant dentaire, le lien professionnel n'a pas été retenu en raison de la concentration faible de TDI dans les produits dentaires manipulés.
Des dermatites de contact d'irritation au TDI sont également décrites, notamment chez des salariés de la production de mousse polyuréthane [53].

- **Signes d'irritation oculaire**

Aux faibles niveaux d'exposition, des signes oculaires peuvent accompagner la symptomatologie respiratoire. Ainsi, chez 136 travailleurs exposés à une concentration atmosphérique moyenne de TDI inférieure à 0,001 ppm, une fréquence accrue de signes d'irritation oculaire (prurit, larmoiement, brûlures), de signes d'atteinte des voies aériennes inférieures (toux sèche, sifflements, dyspnée), ainsi que d'épistaxis est observée, avec une relation dose-réponse pour les symptômes oculaires (mesurages atmosphériques et biomarqueurs urinaires et plasmatiques) [54].

### Effets génotoxiques

*(mise à jour : juin 2025)*

Une augmentation des aberrations chromosomiques structurelles, des échanges de chromatides sœurs et des micronoyaux dans les lymphocytes périphériques est retrouvée dans une étude réalisée chez 26 salariés de la production de plastiques exposés au TDI (0,01 - 2 ppb) comparés à 21 témoins non exposés. Le faible effectif et l'absence de prise en compte de facteurs de confusion comme le tabagisme et l'âge ne permettent pas de conclure quant aux effets génotoxiques du TDI [55].

Une étude d'exposition contrôlée de courte durée aux diisocyanates a été réalisée chez 42 travailleurs présentant des symptômes respiratoires en rapport avec une exposition professionnelle aux diisocyanates [exposition à différents isocyanates (MDI, n=25 ; TDI, n=5 ; HDI, n=12) à une concentration de 5 - 30 ppb pendant 2 heures], 10 témoins avec asthme léger (exposition au TDI, puis au MDI) et 10 témoins sains non exposés aux diisocyanates [56]. Il n'a pas été montré de différence dans la fréquence des cassures double brin de l'ADN mesurées par le test des comètes, dans les lymphocytes périphériques des volontaires, en comparant les trois groupes de sujets ou en comparant avant et après exposition aux diisocyanates.

### Effets cancérogènes

*(mise à jour : juin 2025)*

[46]

Lors de sa dernière évaluation en 1999, le CIRC a conclu que les trois études de cohorte (Etats-Unis, Suède et Royaume Uni) et l'étude cas-témoins examinées ne retrouvaient pas d'association évidente entre l'exposition au TDI et la survenue de cancers [38]. Un risque accru de décès par cancer du poumon est retrouvé chez les femmes dans la cohorte britannique (risque non significativement augmenté dans la cohorte américaine), confirmé par la mise à jour des données des cohortes britannique [57] et suédoise [58]. Cependant, l'absence d'effet similaire chez les hommes, les co-expositions et l'absence de relation dose-effet ne sont pas en faveur d'une association causale entre cancer du poumon et l'exposition au TDI (aucune des études citées ci-dessus ne prend en compte le tabagisme notamment).

Une mise à jour des données de la cohorte américaine [59] montre une augmentation de la mortalité générale et par cancer. La mortalité par cancer pulmonaire est augmentée, elle n'est pas associée à la durée d'exposition ou à l'exposition cumulative au TDI mais à la durée d'emploi sur les postes de finition pour lesquels l'exposition cutanée au TDI serait la plus importante. Les limites de cette étude comprennent le manque de données sur le tabagisme, l'incertitude dans les estimations de l'exposition et les estimations de l'exposition qui reflètent uniquement l'exposition par inhalation.

### Effets sur la reproduction

*(mise à jour : juin 2025)*

Aucune donnée n'est disponible chez l'Homme à la date de mise à jour de cette partie.

## Réglementation

*(mise à jour : juin 2026)*

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. 4227-42 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. 4412-150 du Code du travail : arrêté du 8 avril 2026 modifiant l'arrêté du 30 juin 2004 établissant la liste de VLEP indicatives.

**Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)**

- Article R. 4412-149 du Code du travail : décret n° 2026-253 du 8 avril 2026.

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

- Directive (UE) 2024/869 du Parlement européen et du Conseil du 13 mars 2024 ( *JOUE* du 19 mars 2024).

**Maladies à caractère professionnel**

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

**Maladies professionnelles**

- Article L. 461- 4 du Code de la sécurité sociale : déclaration obligatoire d'emploi à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspection du travail ; tableau n° 62.

**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) ***substances*** TDI, 2,4-TDI et 2,6-TDI

Le règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE du 31 décembre 2008), dit « Règlement CLP », introduit, dans l'Union européenne, le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage harmonisés du diisocyanate de méthyl- *m*-phénylène, du diisocyanate de 2-méthyl- *m*-phénylène et du diisocyanate de 4-méthyl- *m*-phénylène figurent dans l'annexe VI dudit règlement. La classification, identique pour ces 3 substances, est :

- Irritation cutanée, catégorie 2 ; H315
- Sensibilisation cutanée, catégorie 1 ; H317
- Irritation oculaire, catégorie 2 ; H319
- Toxicité aiguë (par inhalation), catégorie 2 (*) ; H330
- Sensibilisation respiratoire, catégorie 1 ; H334
- Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition unique, catégorie 3 : Irritation des voies respiratoires ; H335
- Cancérogénicité, catégorie 2 ; H351
- Dangers pour le milieu aquatique – Danger chronique, catégorie 3 ; H412

**(*)** Cette classification est considérée comme une classification minimum ; 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 minimum.

Pour plus d'informations, se reporter au site de l'ECHA ( **https ://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals** et **https ://echa.europa.eu/fr/regulations/clp/classification**).

b) ***mélanges*** contenant du TDI, 2,4-TDI ou 2,6-TDI

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié.

Des limites spécifiques de concentration ont été fixées pour ces substances quant à la sensibilisation respiratoire.

## Interdiction / Limitations d'emploi

**Substances soumises à restriction**

Annexe XVII du règlement (CE) n° 1907/2006 (REACH) établissant la liste des substances soumises à restriction ou limitation d'emploi :

- Entrée 74 : diisocyanates

Pour plus d'informations sur la nature de cette restriction, se reporter au site de l'ECHA ( **https://echa.europa.eu/fr/substances-restricted-under-reach**).

**Produits cosmétiques**

Le TDI et ses isomères (2,4-TDI et 2,6-TDI) sont inscrits sur la liste des substances interdites dans les produits cosmétiques (Annexe II du Règlement (CE) n° 1223/2009 modifié du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009).

## Protection de la population

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

## Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement : les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.
Pour consulter des informations thématiques sur les installations classées, veuillez consulter le site ( **https://aida.ineris.fr**) ou le ministère chargé de l'environnement et ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

## Transport

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

# Recommandations

Sauf précisions contraires, les recommandations techniques et médicales s'appliquent au TDI mais également à ses isomères (2,4-TDI et 2,6-TDI) ; pour des raisons de simplification, la substance est identifiée par l'acronyme TDI.

En raison de la toxicité importante du TDI, des mesures strictes de prévention et de protection s'imposent lors de son stockage et de sa manipulation.

## Au point de vue technique

*(mise à jour : juin 2025)*

**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.
- 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.
- **Lutte contre l'incendie** : former les opérateurs à la manipulation des moyens de première intervention (extincteurs, robinets d'incendie armés...).
- Former les opérateurs au risque lié aux **atmosphères explosives** (risque ATEX) [19].
- Faire suivre aux opérateurs la formation obligatoire à l' **utilisation sûre des diisocyanates** (cf partie "Réglementation - Interdiction / Limitations d'emploi").

**Manipulation**

- N'entreposer dans les ateliers que **des quantités réduites de substance** et ne dépassant pas celles nécessaires au travail d'une journée.
- **Éviter tout contact** de produit avec **la peau** et **les yeux**. **Éviter l'inhalation** de vapeurs et d'aérosols. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** des vapeurs à leur source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur [60].
- **Réduire** le nombre de personnes exposées au TDI.
- Éviter tout rejet atmosphérique de TDI.
- Evaluer **régulièrement** l'exposition des salariés au TDI et aux diisocyanates présents dans l'air (§ Méthodes de l'évaluation de l'exposition professionnelle).
- Les équipements et installations conducteurs d'électricité utilisant ou étant à proximité du TDI 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 [61].
- 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 TDI doivent faire l'objet d'un **permis de feu** [62].
- Au besoin, les espaces dans lesquels la substance est stockée et/ou manipulée doivent faire l'objet d'une **signalisation** [63].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du TDI ou ses isomères sans prendre les précautions d'usage [64].
- Supprimer toute source d'exposition par contamination en procédant à un **nettoyage régulier** des locaux et postes de travail.

**Équipements de Protection Individuelle (EPI)**

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

Les EPI ne doivent pas être source d' **électricité statique** (chaussures antistatiques, vêtements de protection et de travail dissipateurs de charges) [65, 66]. 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 [67 à 70].

- Appareils de protection respiratoire : en raison du caractère particulièrement sensibilisant des isocyanates, le port d'un appareil de protection respiratoire isolant à adduction d'air est recommandé. Si l'évaluation des risques conduit à préconiser un appareil filtrant, il doit être muni d'un filtre de type A2B2P3 lors de la manipulation du TDI. Dans ce cas, une surveillance de l'atmosphère doit être menée tout au long de l'opération afin de garantir la possibilité d'utiliser ce type de protection respiratoire [71].
- Gants : les matériaux préconisés pour **un contact prolongé** avec le 2,4-TDI sont le caoutchouc butyle, les élastomères fluorés Viton ® et Viton ®/Caoutchouc butyle, les matériaux multicouches AlphaTec ® 02-100, Kemblok ® et Silver Shield ® (PE/EVAL/PE). Les caoutchoucs naturel, néoprène et nitrile ainsi que le polychlorure de vinyle sont à éviter [72 à 74].
- Vêtements de protection : quand leur utilisation est nécessaire (en complément du vêtement de travail), leur choix dépend de **l'état physique** de la substance. **Seul le fabricant du vêtement** peut confirmer la protection effective d'un vêtement contre les dangers présentés par la substance. Dans le cas de vêtements réutilisables, il convient de **se conformer strictement à la notice du fabricant** [75].
- 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 [76].

**Stockage**

- Stocker le TDI dans des locaux **frais** (entre 18 et 40 °C), **sous ventilation mécanique permanente et à l'écart de la lumière et de l'humidité**. Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes et de toute autre source d'inflammation (étincelles, flammes nues, rayons solaires...).
- Le stockage du TDI s'effectue habituellement dans des récipients en acier doux ou en acier inoxydable. Le contact avec l'aluminium, le cuivre et ses alliages, l'étain ainsi que les matériaux galvanisés (à base de zinc) est 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 TDI des produits comburants, des oxydants forts, des alcools, des amines, des composés métalliques, des acides et des bases ainsi que de l'eau. Si possible, le 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 du TDI.
- 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 TDI, récupérer la substance, avec des gants adaptés, en l'épongeant avec un **matériau absorbant** [77]. Laver à grande eau la surface ayant été souillée. Le produit peut être neutralisé en ajoutant une solution décontaminante de carbonate de sodium (5 à 10 %) avec un détergent liquide (0,2 à 2 %) en solution dans l'eau ou d'ammoniaque concentrée (3 à 8 %) avec un détergent liquide (0,2 à 2 %) en solution dans l'eau.
- Si le déversement est important, **aérer** la zone et **évacuer** le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs **entrainés** 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** [78].
- 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

*(mise à jour : juin 2025)*

**Lors des visites initiale et périodiques**

- Rechercher particulièrement lors de l'interrogatoire et l'examen clinique, des antécédents d'allergie aux isocyanates, de pathologies respiratoire chronique, cutanée ou oculaire, ainsi que des signes d'irritation ou d'allergie de la peau, des muqueuses oculaire et respiratoire.
- L'examen clinique pourra être complété par la réalisation d'épreuves fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examen de référence.
- La périodicité des examens médicaux et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires seront déterminées par le médecin du travail en fonction des données de l'examen clinique et de l'appréciation de l'importance de l'exposition.
- Déconseiller le port de lentilles de contact souples hydrophiles lors de travaux pouvant potentiellement exposer à des vapeurs ou aérosols de TDI.

**Surveillance biologique de l'exposition professionnelle** [79]

Le dosage des 2,4- et 2,6-toluènediamine (après hydrolyse) dans les urines en fin de poste est proposé pour la surveillance biologique des travailleurs exposés au TDI. Des valeurs biologiques d'interprétation pour les travailleurs et des valeurs d'imprégnation en population générale sont disponibles pour cet indicateur.

**Conduite à tenir en cas d'urgence**

- **En cas de contact cutané,** retirer les vêtements souillés (avec des gants adaptés) et laver la peau immédiatement et abondamment à grande eau pendant au moins 15 minutes. Si une irritation ou des brûlures apparaissent ou si la contamination est étendue ou prolongée, consulter un médecin.
- **En cas de projection oculaire,** rincer immédiatement et abondamment les yeux à l'eau courante pendant au moins 15 minutes, paupières bien écartées. En cas de port de lentilles de contact, les retirer pendant le rinçage. Dans tous les cas, consulter un ophtalmologiste et le cas échéant lui signaler le port de lentilles.
- **En cas d'inhalation massive,** 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, sans notion de traumatisme, et respire, la placer en position latérale de sécurité. Si notion de traumatisme, la laisser sur le dos. Si elle ne respire pas, mettre en œuvre les 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 rapidement un centre antipoison. Si la victime est inconsciente, sans notion de traumatisme, et respire, la placer en position latérale de sécurité. Si notion de traumatisme, la laisser sur le dos. Si elle ne respire pas, mettre en œuvre les 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. En cas de symptômes consulter un médecin.

## Bibliographie

*(mise à jour : juin 2025)*


1 | VORANATE T-80 Type I TDI. Fiche de données de sécurité et fiche technique. DOW, 2024 ( **https://www.dow.com/en-us/support/sds-finder.html**).

2 | m-Tolylidene diisocyanate. Substance evaluation / CoRAP. ECHA, 2013 ( **https://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.043.369**).

3 | Toluene diisocyanate, 2,4-toluene diisocyanate, 2,6-toluene diisocyanate - In : PubChem. US NLM ( **https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/**).

4 | Toluylene 2,6-diisocyanate, Toluylene 2,4-diisocyanate, 1,3-Diisocyanatomethylbenzene. In : Gestis Substance Database on hazardous substance. IFA ( **https://gestis-database.dguv.de/**).

5 | Diisocyanate-2,6 de toluène, Diisocyanate-2,4 de toluène, Diisocyanate de toluène (TDI) (mélange d'isomères). In : Répertoire toxicologique. CNESST, 2017 ( **http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/pages/repertoire-toxicologique.aspx**).

6 | Toluene diisocyanate, 2,4- or 2,6- (or as a mixture). 2016. In : TLVs and BEIs with 7th edition documentation. Cincinnati : ACGIH ; 2017 : CD-ROM.

7 | 2-methyl-m-phenylene diisocyanate, 4-methyl-m-phenylene diisocyanate, m-tolylidene diisocyanate. Dossiers d'enregistrement REACH, ECHA ( **https://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.043.369**).

8 | Diisocyanate de toluylène. In : Base de données « Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) – Substances chimiques ». INRS ( **https://www.inrs.fr/publications/bdd/vlep.html**).

9 | TDI 2-4 TDI 2-6. Méthode M-452. In : MétroPol, INRS, 2024 ( **https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html**).

10 | Dosage des groupements isocyanates organiques totaux dans l'air par dérivatisation avec la 1-(2-méthoxy-phényl)pipérazine et par chromatographie en phase liquide. Qualité de l'air des lieux de travail. Norme NF ISO 16702 (X43-202) La Plaine Saint- Denis : AFNOR ; 2008.

11 | MDHS 25/4. Organic isocyanates in air. Laboratory method with derivatisation in situ ether on treated glass fiber filters or in solution using impingers with a treated back up filter in series, followed by high performance liquid chromatography analysis. HSE, 2016.

12 | Détermination des isocyanates dans l'air des lieux de travail. Méthode de laboratoire MA-376. IRSST, 2019.

13 | Determination of total isocyanate groups in air using 1-(anthracenylmethyl)piperazine reagent and liquid chromatography. Workplace atmospheres. ISO 17735:2019 : AFNOR ; 2019.

14 | Isocyanates. Method 5525. In : NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 4 $^{th}$ edition. NIOSH, 2003 ( **https://www.cdc.gov/niosh/nmam/default.html**).

15 | Organic vapor sampling group 3 (OVSG-3). Diisocyanate analytes collected on coated glass fiber filters. Method 5002. In : OSHA Sampling and Analytical Methods. OSHA, Salt Lake City, 2021 ( **https://www.osha.gov/chemicaldata/sampling-analytical-methods**).

16 | Determination of isocyanate in air using a double-filter sampling device and analysis by high pressure liquid chromatography. Workplace air quality. ISO 17736:2010 : AFNOR ; 2010.

17 | Determination of organonitrogen compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry. Isocyanates using dibutylamine derivatives. Workplace atmospheres. ISO 17734:2019 : AFNOR ; 2019.

18 | Lignes directrices pour la sélection des méthodes analytiques d'échantillonnage et d'analyse des isocyanates dans l'air. Atmosphère des lieux de travail. FD ISO/TR 17737 : AFNOR ; 2013.

19 | Streicher RP, Reh CM, Key-Schwartz RJ, Schlecht PC et *al* - Chapter K : Determination of airborne isocyanate exposure. NIOSH Manual of Analytical Methods, 4th ed. Cincinnati. DHHS/NIOSH Publication #98-119. NIOSH, 1998.

20 | Streicher RP, Reh CM, Key-Schwartz RJ, Schlecht PC et *al* - Determination of airborne isocyanate exposure : considerations in method selection. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 2000 ; 61 : 544-556.

21 | Mise en oeuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX) – Guide méthodologique. Brochure ED 945. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

22 | Evaluation du risque incendie dans l'entreprise. Guide méthodologique ED 970. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

23 | Les extincteurs d'incendie portatifs, mobiles et fixes. Brochure ED 6054. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

24 | Timchalk C, Smith FA et Bartels MJ – Route-dependant comparative metabolism of $^{14}$C]Toluene 2,4-diisocyanate and [ $^{14}$C]Toluene 2,4-diamine in Fischer 344 rats. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1994 ; 124 : 181-190.

25 | Hoffmann HD, Leibold E, Ehnes C, Fabian E et *al*. - Dermal uptake and excretion of $^{14}$C-toluene diisocyante (TDI) and $^{14}$C-methylene diphenyl diisocyanate (MDI) in male rats. Clinical signs and histopathology following dermal exposure of male rats to TDI. *Toxicol Lett*. 2010 ; 199(3) : 364-371.

26 | Kennedy AL, Stock MF, Alarie Y et Brown - Uptake and distribution of $^{14}$C during and following inhalation exposure to radioactive toluene diisocyanate. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1989 ; 100(2) : 280-292.

27 | Brorson T, Skarping G et Sango C - Biological monitoring of isocyanates and related amines. IV. 2,4-and 2,6-toluenediamine in hydrolysed plasma and urine after test-chamber exposure of humans to 2,4-and 2,6-toluene diisocyanate. *Int Arch Occup Environ Health*. 1991 ; 63(4) : 253-259.

28 | Allport DC, Gilbert DS, Outterside SM - MDI and TDI - Safety, health and the environment. A source book and practical guide. New York, 2003 : John Wiley & Sons, LTD ; 438 p.

29 | Toxicology and carcinogenesis studies of commercial grade 2,4 (80 %)- and 2,6 (20 %)-toluene diisocyanate in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). NTP Technical Report Series N° 251. US Department of Health and Human services, 1986 ( **https://ntp.niehs.nih.gov/publications**).

30 | Sangha GK et Alarie Y – Sensory irritation by toluene diisocyanate in single and repeated exposures. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1979 ; 50 : 533-547.

31 | Weyel DA, Rodney BS et Alarie Y – Sensory irritation, pulmonary irritation and acute lethality of a polymeric isocyanate and sensory irritation of 2,6-Toluene diisocyanate. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1982 ; 64 : 423-430.

32 | Toluene diisocyanate and methylenediphenyl diisocyanate. Toxicological profiles. ATSDR, 2015 ( **https://www.atsdr.cdc.gov/**).

33 | Gagnaire F, Micillino JC, Bonnet P Simon P et *al* – Toluene diisocyanate-induced airway hyperresponsiveness to intravenous acetylcholine : a study on single and repeated exposure in guinea pigs. *Toxicol Lett*. 1996 ; 44 : 273-280.

34 | Schupp T et Collins MA – Toluene diisocyanate (TDI) airway effects and dose-responses in different animal models. *EXCLI J*. 2013 ; 11 : 416-435.

35 | Selgrade MK, Boykin EH, Haykal-Coates N, Woolhiser MR et *al* – Inconsistencies between cytokine profiles, antibody responses, and respiratory hyperresponsiveness following dermal exposure to isocyanates. *Toxicol Sci*. 2006 ; 94(1) : 108-117.

36 | Toluene Diisocyanate. Reference Exposure Levels. Technical Support Document for the derivation of noncancer reference exposure levels. Appendix D1. Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA). California Environmental Protection Agency (CalEPA), 2016 ( **https://calepa.ca.gov/**).

37 | Loeser E - Long-term toxicity and carcinogenicity studies with 2,4/2,6-toluene-diisocyanate (80/20) in rats and mice. *Toxicol Lett*. 1983 ; 15(1) : 71-81.

38 | Toluene diisocyanates. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Volume 71. IARC, 1999 ( **https://monographs.iarc.who.int/monographs-available/**).

39 | Prueitt RL, Rhomberg LR et Goodman JE – Hypothesis-based weight-of-evidence evaluation of the human carcinogenicity of toluene diisocyanate. *Crit Rev Toxicol*. 2013 ; 43(5) : 391-435.

40 | Tyl RW, Neeper-Bradley TL, Fisher LC, Dodd DE et *al.* – Two-generation reproductive toxicity study of inhaled toluene diisocyanate vapor in CD rats. *Toxicol Sci*. 1999 ; 52 : 258-268.

41 | Tyl RW, Fisher LC, Dodd DE, Pritts IM et *al.* – Developmental toxicity evaluation of inhaled toluene diisocyanate vapor in CD rats. *Toxicol Sci*. 1999 ; 52 : 248-257.

42 | Toluene 2,4- and 2,6-diisocyanate. Acute Exposure Guideline Levels. In : Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals. Volume 4. Environmental Protection Agency (US EPA), 2004 ( **https://www.epa.gov/aegl/24-toluene-diisocyanate-results-aegl-program**).

43 | Ott MG, Diller WF, Jolly AT - Respiratory effects of toluene diisocyanate in the workplace : a discussion of exposure-response relationships. *Crit Rev Toxicol.* 2003 ; 33(1) : 1-59.

44 | Baur X, Marek W, Ammon J, Czuppon AB et *al.* - Respiratory and other hazards of isocyanates. *Int Arch Occup Environ Health*. 1994 ; 66(3) : 141-152.

45 | Testud F - Toxicologie médicale professionnelle et environnementale. 5 e édition. Paris : Éditions ESKA ; 2018 : pp 641-646 814 p.

46 | Anses. Expert appraisal on recommending occupational exposure limits for chemical agents. Assessment of health effects and methods for the measurement of exposure levels in workplace atmospheres for Toluene diisocyanate mixed isomers (TDI) CAS N° 26471-62-5. OEL Permanent Mission – Request n°2012-SA-0080. Collective expert appraisal Report. Expert Committee on « health reference values » - Working group on « metrology ». Mars 2019 : 138 p. ( **https://www.anses.fr/fr**).

47 | Popin E, Kopferschmitt-Kubler M-C, Pauli G. - Asthme aux isocyanates. In : Orange M, editor. L'asthme professionnel. 2 e édition. Paris 2012. p. 319-328.

48 | Committee for Risk Assessment (RAC). Committee for Socio-economic Analysis (SEAC). Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions DIISOCYANATES. Adopted 5 December 2017 ( **https://echa.europa.eu/documents/10162/737bceac-35c3-77fb-ba7a-0e417a81aa4a**).

49 | Piirilä PL, Nordman H, Keskinen HM, Luukkonen R et *al.* Long-term follow-up of hexamethylene diisocyanate-, diphenylmethane diisocyanate-, and toluene diisocyanate-induced asthma. Am J Respir Crit Care Med. 2000 Aug ;162(2 Pt 1) :516-22 ( **https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.2.9909026**).

50 | Baur X. - Hypersensitivity pneumonitis (extrinsic allergic alveolitis) induced by isocyanates. *J Allergy Clin Immunol*. 1995 ; 95(5 Pt 1) : 1004-1010.

51 | Uranga A, Sanchez-Ortiz M, Morell F, Cruz MJ et *al.* - Hypersensitivity pneumonitis due to isocyanates : lung function, clinical and radiological characteristics. *Arch Bronconeumol*. 2013 ; 49(4) : 169-172.

52 | Aalto-Korte K, Pesonen M, Suomela S, Suuronen K. Nine years of patch testing with isocyanates in a clinic of occupational dermatology. Contact Dermatitis. 2024 Sep ; 91(3) : 212-221 ( **https://doi.org/10.1111/cod.14621**).

53 | Daftarian HS, Lushniak BD, Reh CM, Lewis DM. - Evaluation of self-reported skin problems among workers exposed to toluene diisocyanate (TDI) at a foam manufacturing facility. *J Occup Environ Med*. 2002 ; 44(12) : 1197-1202.

54 | Littorin M, Axmon A, Broberg K, Sennbro CJ et *al.* - Eye and airway symptoms in low occupational exposure to toluene diisocyanate. *Scand J Work Environ Health*. 2007 ; 33(4) : 280-285.

55 | Bilban M. - Mutagenic testing of workers exposed to toluene-diisocyanates during plastics production process. *Am J Ind Med*. 2004 ; 45(5) : 468-474.

56 | Marczynski B, Merget R, Mensing T, Rabstein S et *al.* - DNA strand breaks in the lymphocytes of workers exposed to diisocyanates : indications of individual differences in susceptibility after low-dose and short-term exposure. *Arch Toxicol*. 2005 ; 79(6) : 355-362.

57 | Sorahan T, Nichols L. - Mortality and cancer morbidity of production workers in the UK flexible polyurethane foam industry : updated findings, 1958-98. *Occup Environ Med*. 2002 ; 59(11) : 751-758.

58 | Mikoczy Z, Welinder H, Tinnerberg H, Hagmar L. - Cancer incidence and mortality of isocyanate exposed workers from the Swedish polyurethane foam industry : updated findings 1959-98. *Occup Environ Med*. 2004 ; 61(5) : 432-737.

59 | Pinkerton LE, Yiin JH, Daniels RD, Fent KW. Mortality among workers exposed to toluene diisocyanate in the US polyurethane foam industry : Update and exposure-response analyses. Am J Ind Med. 2016 Aug ; 59(8) : 630-43 ( **https://doi.org/10.1002/ajim.22622**).

60 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

61 | Phénomènes électrostatiques. Brochure ED 6354. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

62 | Le permis de feu. Brochure ED 6030. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

63 | Signalisation de santé et de sécurité au travail - Réglementation. Brochure ED 6293. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

64 | 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**).

65 | 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**).

66 | EPI et vêtements de travail : mieux comprendre leurs caractéristiques antistatiques pour prévenir les risques d'explosion. Notes techniques NT33. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

67 | 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**).

68 | 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**).

69 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants à usage unique. Dépliant ED 6168. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

70 | Risques chimiques ou biologiques. Retirer ses gants en toute sécurité. Gants réutilisables. Dépliant ED 6169. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

71 | Les appareils de protection respiratoire - Choix et utilisation. Brochure ED 6106. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

72 | Des gants contre le risque chimique. Fiche pratique de sécurité ED 112. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

73 | Forsberg K, Den Borre AV, Henry III N, Zeigler JP – Quick selection guide to chemical protective clothing. 7 th ed. Hoboken : John Wiley & Sons ; 293 p.

74 | Diisocyanate de toluène. In : ProtecPo Logiciel de pré-sélection de matériaux de protection de la peau. INRS-IRSST, 2011 ( **https://protecpo.inrs.fr/ProtecPo/jsp/Accueil.jsp**).

75 | Quels vêtements de protection contre les risques chimiques. Fiche pratique de sécurité ED 127. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

76 | Les équipements de protection individuelle des yeux et du visage - Choix et utilisation. Brochure ED 798. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

77 | Les absorbants industriels. Aide-mémoire technique ED 6032. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

78 | Equipements de premiers secours en entreprise : douches de sécurité et lave-œil. Fiche pratique de sécurité ED 151. INRS ( **https://www.inrs.fr**).

79 | Diisocyanate de toluylène. In : BIOTOX. INRS, 2020 ( **https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html**).

## Historique des révisions

Seules les rubriques citées ci-dessous ont fait l'objet d'une mise à jour.

| | |
|---|---|
| 1 re édition | 1987 |
| 2 e édition (mise à jour partielle)<br>▪ Réglementation | 1997 |
| 3 e édition (mise à jour partielle)<br>▪ Étiquette<br>▪ Valeurs limites d'exposition professionnelle<br>▪ Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle<br>▪ Réglementation | 2006 |
| 4 e édition (mise à jour complète) | Décembre 2017 |
| 5 e édition (mise à jour complète à l'exception de)<br>▪ Toxicocinétique - Métabolisme<br>▪ Toxicité expérimentale | Juin 2025 |
| 6 e édition (mise à jour partielle)<br>▪ Valeurs limites d'exposition professionnelle<br>▪ Réglementation | Juin 2026 |