

doivent être informés pour prendre les mesures nécessaires en cas de sinistre.

Bordeaux, 1991

1.3. Les armes chimiques

Certaines sont des dérivés de la moutarde à l'azote.

La recherche sur le traitement du cancer s'oriente vers la synthèse de molécules de ce type actives en chimiothérapie dont le rôle est de couper la molécule d'ADN des cellules cancéreuses afin d'éviter leur prolifération.

Le gaz moutarde a été utilisé comme gaz de

combat lors de la première guerre mondiale.

Donner un autre nom de ce gaz :

R : "Ypérite"

Donner sa formule :

R : $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2)_2\text{S}$

Sulfure de bis (2-chloroéthyle)

Donner la formule des dérivés de la "moutarde à l'azote" :

R : $(\text{ClCH}_2-\text{CH}_2)_2\text{NC}_2\text{H}_5$

$\text{ClCH}_2-\text{CH}_2)_2\text{NCH}_3$

$(\text{ClCH}_2-\text{CH}_2)_3\text{N}$

Toulouse, 1990.

Nancy/Metz, Poitiers, Caen, 1991

Une récente conférence réunie à Paris a traité de l'emploi des armes chimiques.

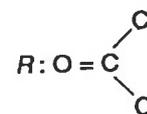
La première utilisation de telles armes remonte au mois d'août 1915.

Les Allemand ont alors employé : Cl_2 , HCl , NO_2 , CH_4 , CO_2

R : Cl_2

Les alliés ont répliqué en utilisant le phosgène COCl_2 . Donner la formule développée du phosgène.

R :



Clermont-Ferrand, 1989

2 - Risques liés aux produits chimiques et aux réactions

Dans les pays industrialisés, les gouvernements ont mis en œuvre des réglementations destinées à obliger les industriels à prendre en compte les problèmes de sécurité, pour les personnes mais aussi pour leur environnement.

Les directives du Conseil des Communautés européennes, constamment remises à jour, sont appliquées en France.

L'une d'elles concerne "la classification et l'étiquetage des substances dangereuses" (directive 67/548/CEE). La classification sépare les "substances" (les molécules seules) des "préparations" (les mélanges de molécules différentes).

"La directive" prescrit des règles d'étiquetage avec apposition des symboles de dangers et mention de risques et conseils de prudence.

Obligation est donc faite aux fabricants, revendeurs et importateurs dans le cadre de la réglementation du travail d'apposer les symboles suivants : ces symboles sur fond jaune orange ont une signification bien précise.

Concours national, 1989

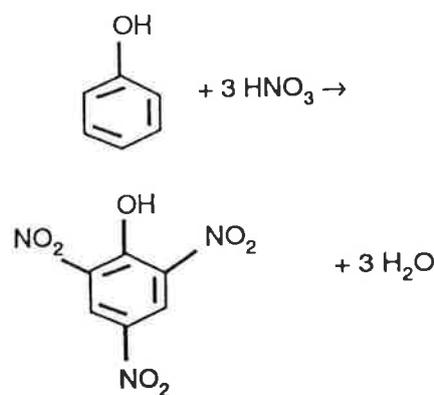
2.1. Symboles, phrases de risques et conseils de prudence

La reproduction des symboles doit figurer sur des étiquettes sur fond jaune orangé (figure 1). La liste des phrases de risques particuliers (phrases R) est donnée tableau

I (p.61) et celle des conseils de prudence (phrases S) est donnée tableau II (p.62).

La connaissance des propriétés des produits chimiques et les précautions à prendre pour les utiliser convenablement doivent être associées à l'enseignement de la chimie.

2.1.1. Préparation de l'acide picrique par l'action de l'acide nitrique en présence d'acide sulfurique sur le phénol



- éviter tout contact du phénol avec la peau, l'emploi de gants est indispensable tout au long de la manipulation,
- l'utilisation d'acides concentrés (mélange sulfonitrique) oblige à manipuler sous la hotte et à porter des lunettes de sécurité,
- signaler immédiatement à un des enseignants toute anomalie ou toute

incertitude éventuelle relative au mode opératoire.

Reims, 1991

2.1.2. Préparation de la N-phényléthamide (acétanilide) par oxydation de l'aniline à l'aide d'acide acétique

N-phényléthamide :

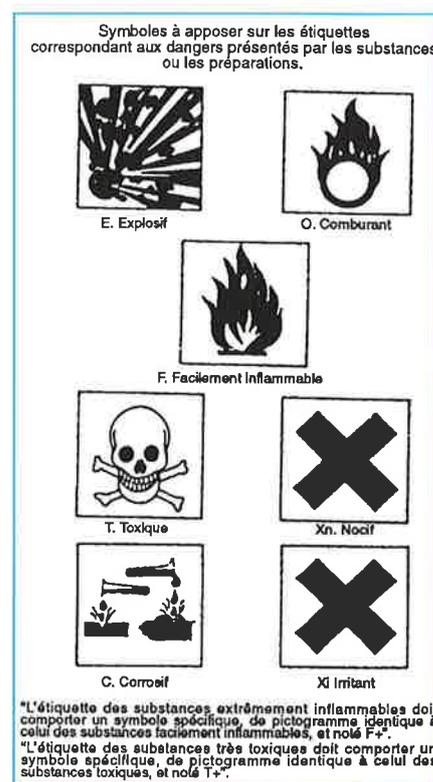
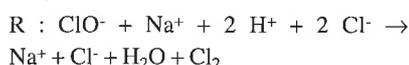


Figure 1 - Symboles à apposer sur les étiquettes.

- aniline : inflammable, très toxique par contact avec la peau ou inhalation, effets cumulatifs dangereux, cancérigène,
- anhydride acétique : inflammable, corrosif par contact avec la peau. Vapeurs très irritantes pour les yeux et les voies respiratoires,
- acide chlorhydrique : corrosif, provoque des brûlures aux yeux. Vapeurs irritantes pour les voies respiratoires.

Pau, 1991

2.1.3. Pourquoi le mélange accidentel d'acide chlorhydrique et d'eau de Javel est-il dangereux ?



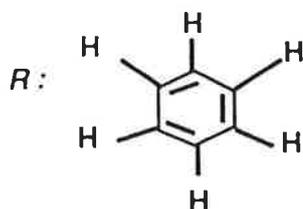
Besançon, 1991

2.1.4. Toxicité du benzène

Le benzène est un solvant qui présente une toxicité à long terme insidieuse et irréversible. Elle se traduit par des anémies et augmente les risques de leucémie.

Écrire la formule développée du benzène.

R :

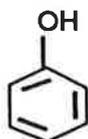


Après inhalation du benzène, 50 % est éliminé par voie respiratoire, 50 % est absorbé par le sang. Une partie va alors être stockée dans les tissus.

Le métabolisme du benzène dans l'organisme s'effectue :

- soit par le foie où il est oxydé en phénol. Écrire la formule du phénol.

R :



- soit par la moëlle osseuse où il subit des oxydations successives perturbant la fabrication des globules rouges et des plaquettes sanguines.

Tableau I - Nature des risques particuliers attribués aux substances dangereuses.

R 1 Explosif à l'état sec.	R 30 Peut devenir très inflammable pendant l'utilisation.
R 2 Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou autres sources d'ignition.	R 31 Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
R 3 Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou autres sources d'ignition.	R 32 Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.
R 4 Forme des composés métalliques explosifs très sensibles.	R 33 Danger d'effets cumulatifs.
R 5 Danger d'explosion sous l'action de la chaleur.	R 34 Provoque des brûlures.
R 6 Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air.	R 35 Provoque de graves brûlures.
R 7 Peut provoquer un incendie.	R 36 Irritant pour les yeux.
R 8 Favorise l'inflammation des matières combustibles.	R 37 Irritant pour les voies respiratoires.
R 9 Peut exploser en mélange avec des matières combustibles.	R 38 Irritant pour la peau.
R 10 Inflammable.	R 39 Danger d'effets irréversibles très graves.
R 11 Très inflammable.	R 40 Possibilité d'effets irréversibles.
R 12 Extrêmement inflammable.	R 41 Risque de lésions oculaires graves.
R 13 Gaz liquéfié extrêmement inflammable.	R 42 Peut entraîner une sensibilisation par inhalation.
R 14 Réagit violemment au contact de l'eau.	R 43 Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
R 15 Au contact de l'eau dégage des gaz très inflammables.	R 44 Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée.
R 16 Peut exploser en mélange avec des substances comburantes.	R 45 Peut causer le cancer.
R 17 Spontanément inflammable à l'air.	R 46 Peut causer des altérations génétiques héréditaires.
R 18 Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif.	R 47 Peut causer des malformations congénitales.
R 19 Peut former des peroxydes explosifs.	R 48 Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée.
R 20 Nocif par inhalation.	R 49 Peut causer le cancer par inhalation.
R 21 Nocif par contact avec la peau.	R 50 Très toxique pour les organismes aquatiques.
R 22 Nocif en cas d'ingestion.	R 51 Toxique pour les organismes aquatiques.
R 23 Toxique par inhalation.	R 52 Nocif pour les organismes aquatiques.
R 24 Toxique par contact avec la peau.	R 53 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
R 25 Toxique en cas d'ingestion.	R 54 Toxique pour la flore.
R 26 Très toxique par inhalation.	R 55 Toxique pour la faune.
R 27 Très toxique par contact avec la peau.	R 56 Toxique pour les organismes du sol.
R 28 Très toxique en cas d'ingestion.	R 57 Toxique pour les abeilles.
R 29 Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques.	R 58 Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement.
	R 59 Dangereux pour la couche d'ozone.

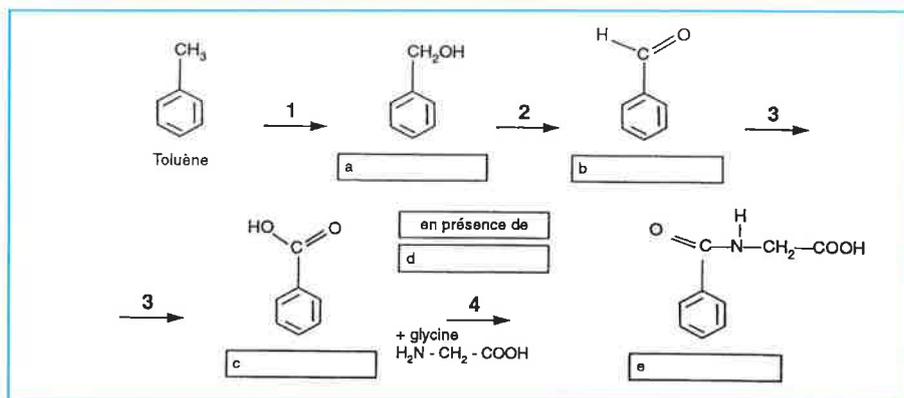


Figure 2 - Dégradation du toluène absorbé par le sang.

a : alcool benzylique, b : aldéhyde benzoïque, c : acide benzoïque, d : hydroxyde de sodium, e : acide hippurique.

Tableau II - Conseils de prudence concernant les substances dangereuses.

S 1	Conserver sous clé.	à indiquer par le fabricant].	respiratoire approprié [terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant].
S 2	Conserver hors de la portée des enfants.	S 24 Éviter le contact avec la peau.	
S 3	Conserver dans un endroit frais.	S 25 Éviter le contact avec les yeux.	
S 4	Conserver à l'écart de tout local d'habitation.	S 26 En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.	S 43 En cas d'incendie, utiliser... (moyens d'extinction à préciser par le fabricant. Si l'eau augmente les risques, ajouter : "Ne jamais utiliser d'eau").
S 5	Conserver sous... (liquide approprié à spécifier par le fabricant).	S 27 Enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé.	S 44 En cas de malaise, consulter un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
S 6	Conserver sous... (gaz inerte à spécifier par le fabricant).	S 28 Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec... produits appropriés à indiquer par le fabricant.	S 45 En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
S 7	Conserver le récipient bien fermé.	S 29 Ne pas jeter les résidus à l'égout.	S 46 En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.
S 8	Conserver le récipient à l'abri de l'humidité.	S 30 Ne jamais verser de l'eau dans ce produit.	S 47 Conserver à une température ne dépassant pas... °C (à préciser par le fabricant).
S 9	Conserver le récipient dans un endroit bien ventilé.	S 33 Éviter l'accumulation de charges électrostatiques.	S 48 Maintenir humide avec... (moyen approprié à préciser par le fabricant).
S 12	Ne pas fermer hermétiquement le récipient.	S 34 Éviter le choc et le frottement.	S 49 Conserver uniquement dans le récipient d'origine.
S 13	Conserver à l'écart des aliments et boissons y compris ceux pour les animaux.	S 35 Ne se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toute précaution d'usage.	S 50 Ne pas mélanger avec... (à préciser par le fabricant).
S 14	Conserver à l'écart des... (matières incompatibles à indiquer par le fabricant).	S 36 Porter un vêtement de protection approprié.	S 51 Utiliser seulement dans les zones bien ventilées.
S 15	Conserver à l'écart de la chaleur.	S 37 Porter des gants appropriés.	S 52 Ne pas utiliser sur de grandes surfaces dans les locaux habités.
S 16	Conserver à l'écart de toute source d'ignition. Ne pas fumer.	S 38 En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié.	S 53 Éviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.
S 17	Tenir à l'écart des matières combustibles.	S 39 Porter un appareil de protection des yeux/du visage.	
S 18	Manipuler et ouvrir le récipient avec prudence.	S 40 Pour nettoyer le sol ou les objets, souillés par ce produit, utiliser... (à préciser par le fabricant).	
S 20	Ne pas manger et ne pas boire pendant l'utilisation.	S 41 En cas d'incendie et/ou d'explosion ne pas respirer les fumées.	
S 21	Ne pas fumer pendant l'utilisation.	S 42 Pendant les fumigations/ pulvérisations porter un appareil	

On peut le remplacer par le toluène $C_6H_5-CH_3$ qui ne présente pas de toxicité à long terme. Après inhalation de toluène, 95 % est absorbé par le sang. Une partie se dégrade en donnant successivement les composés suivants (compléter les cases de la figure 2, en donnant le nom du ou des groupes fonctionnels) (voir figure 2, p. 61).

Olivier-Noyer, 75680 Paris Cedex 14) publie des fiches toxicologiques dont le recueil comprend plus de 250 fiches concernant des substances choisies parmi les plus fréquemment rencontrées.

Les phrases soulignées, dans la fiche toxicologique concernant l'oxyde de carbone (voir encadré p. 64-66), sont à préciser à l'aide des questions suivantes :

- vérifier que la densité du monoxyde de carbone est bien 0,96

R : $d = M/29 = 28/29$

- que signifie ppm ?

R : partie par million

Amiens, 1990

2.2. Documentation

Dans ses cahiers de notes documentaires, l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité, 30 rue

Fiche toxicologique n°47 de l'INRS

Nous publions en annexe de ce chapitre la fiche toxicologique de l'INRS qui permet de répondre à la question concernant les oxydes de carbonés.

3 - Mesures de premier secours

a) En cas de brûlure grave d'acide ou de base, quels premiers soins doit-on faire ?

R : ôter les vêtements souillés, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau. Avertir le service médical si l'irritation persiste.

b) Ensuite avec quel produit doit-on effectuer le rinçage de la peau ?

- brûlure d'acide :

R : une solution diluée d'un produit faiblement basique (NaHCO₃).

- brûlure basique :

R : une solution diluée d'un acide faible (acide acétique, acide borique).

c) Pour manipuler les produits dangereux, énumérer les précautions à prendre.

R : lire attentivement l'étiquette et respecter les conseils de prudence. En cas de doute consulter une documentation plus détaillée.

Paris, 1990

Un camion transportant 15 bonbonnes de 230 litres de chlorure d'hydrogène en solution à 20 % en masse et de masse volumique = 1,098 kg l⁻¹ s'est renversé et l'acide s'est répandu ; on veut neutraliser cet acide en utilisant de l'oxyde de calcium CaO. Quel est le nom courant de l'oxyde de calcium ?

R : chaux vive.

Ecrire l'équation de neutralisation

R : $\text{CaO} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Quelle est la masse d'oxyde de calcium que l'on doit avoir sur le lieu de l'accident pour neutraliser complètement l'acide qui s'est répandu ? (on suppose qu'il n'y a pas eu d'infiltration)

R : 50,6 kg.

Quelle masse de Ca(OH)₂ aurait-il fallu utiliser à la place de CaO ? Quel est le nom de Ca(OH)₂ ?

R : chaux éteinte ; 65 kg.

$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Pourquoi n'utilise-t-on pas une solution ammoniacale pour neutraliser l'acide chlorhydrique ?

R : pour éviter la formation intense de fumées blanches de NH₄Cl.

Bordeaux, 1989

4 - Prévention - Lutte contre la pollution

4.1. Pollution de l'air

Dans les gouttes d'eau liquide des nuages, le dioxyde de soufre est sous la forme d'ion HSO₃⁻. Cet anion est oxydé par le peroxyde d'hydrogène avec formation de protons et d'ions hydrogènesulfate. Compléter l'équation

R : $\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$

Quelles sont les conséquences de cette réaction sur l'environnement ?

R : troubles respiratoires, pluies acides, corrosion (pierres, acier, zinc, etc.).

Strasbourg, 1991

Citer deux gaz susceptibles de provoquer des troubles respiratoires parmi ceux qui sont qualifiés de "polluants".

R : oxydes de soufre et d'azote.

Créteil, 1991

4.1.1. Quel est le produit qui ajouté à l'essence est une source importante de pollution ? Donner son nom, sa formule chimique.

R : plomb tétraéthyle (tétraéthylplomb) Pb(C₂H₅)₄

Citer deux métaux très polluants et les maladies qu'ils entraînent.

R : Plomb (saturnisme). Mercure (hydrargyrisme).

Pau, Poitiers 1989 - Créteil, 1991

4.1.2. Est-il dangereux d'inhaler des vapeurs de :

- a) dichlore b) diazote c) benzène
d) hélium e) trichloroéthylène

R : dangereux a, c, e.

Grenoble, 1991

4.2. Pollution de l'eau

A-t-on le droit de jeter à l'égout ? (barre chaque réponse incorrecte) :

- a) une solution de chlorure de mercure II
b) du tétrachlorométhane
c) une solution de chlorure de sodium
d) du toluène
e) une solution concentrée de cyanure de sodium
f) une solution diluée d'acide
g) n phénol

R : non : a, b, d, e, g.

Dijon, Grenoble, 1991

4.3. Déchets

4.3.1. L'emploi de matières plastiques exige des précautions car beaucoup sont inflammables et certaines dégagent par pyrolyse des produits toxiques. Ces précautions sont particulièrement néces-

saires quand les matières plastiques sont utilisées pour l'ameublement ou la décoration des établissements recevant du public. L'élimination des déchets par incinération nécessite un lavage efficace des gaz de combustion.

Citer les gaz toxiques pouvant se dégager lors de la combustion de matières plastiques ?

R : monoxyde de carbone, chlorure d'hydrogène.

Caen, 1990

4.3.2. Un tube scellé contenant de l'iridium 192 (substance radioactive utilisée en médecine) a été jeté par mégarde dans un terrain vague. Ce radio-élément a une période de 74,5 jours.

Au bout de combien de temps son activité sera-t-elle réduite de 75 % ?

R : 149 jours.

Caen, 1994.

4.3.3. Les thermomètres médicaux usuels contiennent du mercure et on n'a jamais signalé aux utilisateurs un danger. Les piles électriques de petit format contiennent du mercure, il est interdit de les jeter à la poubelle.

Pourquoi ?

R : Le mercure ne se dégrade pas au cours de la mise en décharge ou de l'incinération des déchets. Le mercure lui-même et la plupart de ses composés sont très toxiques. Une maladie chronique peut résulter d'une exposition significative ou répétée au mercure ou à ses vapeurs, cette maladie s'appelle l'hydrargyrisme.

Connaissez-vous d'autres métaux pouvant être toxiques ?

R : le plomb (saturnisme) - le cadmium -

l'arsenic - le béryllium.

Montpellier, 1990

4.3.4. Dans la centrale surrégénératrice "Superphénix" on utilise environ 3 000 tonnes d'un métal alcalin fondu.

Lequel ?

R : le sodium.

A quoi sert-il ?

R : à refroidir le circuit primaire.

Pourquoi pose-t-il de sérieux problèmes de sécurité ?

R. : il est extrêmement réactif, particulièrement avec l'eau et le dioxygène de l'air ; avec l'eau, il y a un fort dégagement d'hydrogène (extrêmement inflammable, risque d'explosion) et formation d'hydroxyde de sodium (très corrosif) accélérés par une forte élévation de la température.

Bordeaux, 1981

INRS, fiche toxicologique n° 47, édition 1987 : Oxyde de carbone.

Note établie par les services techniques et médicaux de l'INRS

Caractéristiques

Utilisation

L'oxyde de carbone est un des principaux constituants de divers gaz industriels utilisés comme combustibles : gaz de houille, gaz à l'eau, gaz à l'air ou gaz de gazogène, gaz pauvre ou gaz Downson, etc.

Il est également utilisé pour le raffinage du nickel par la méthode de Mond et pour la synthèse de différents produits chimiques (méthanol, acide formique, acide acétique, métaux carbonyles...).

Sources de formation

L'oxyde de carbone peut se dégager lors de nombreuses opérations industrielles ou domestiques :

- métallurgie du fer et de différents métaux ;
- synthèse organique, notamment fabrication du carbure de calcium et des métaux carbonyles ;
- travaux de coupage et d'oxycoupage ;
- utilisation des moteurs à explosion ;
- emploi d'explosifs, notamment dans les chantiers hydroélectriques et des exploitations minières ;
- utilisation d'appareils de chauffage à charbon, à gaz et à hydrocarbures liquides.

Propriétés physiques [1 à 3]

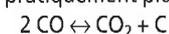
L'oxyde de carbone se présente sous la forme d'un gaz incolore, inodore, un peu plus léger que l'air (densité par rapport à l'air : 0,96). Il se liquéfie sous la pression atmosphérique à une température de -190 °C en un liquide incolore et se solidifie vers -207 °C.

Masse molaire : 28,01

Densité du liquide (D-195) : 0,814
 Température critique : - 139 °C
 Pression critique : 3 500 kPa
 Densité critique : 0,311
 Tensions de vapeur :
 0,13 kPa à - 222,0 °C
 5,33 kPa à - 210,0 °C
 53,3 kPa à - 196,3 °C
 100 kPa à - 191,3 °C
 500 kPa à - 170,7 °C
 2000 kPa à - 149,7 °C
 Limites d'explosivité en volume % dans l'air :
 limite inférieure : 12,5
 limite supérieure : 74,2
 Limites d'explosivité en volume % dans l'oxygène :
 limite inférieure : 15,5
 limite supérieure : 93,9
 Température d'auto-ignition : 652 °C
 L'oxyde de carbone est peu soluble dans l'eau (35 cm³/l à 0 °C ; 25 cm³/l à 15 °C). Sa solubilité dans l'éthanol à 20 °C est de 200 cm³/litre.

Propriétés chimiques [1, 3, 4]

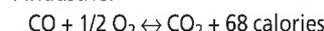
A température ordinaire, l'oxyde de carbone est un composé métastable. Sa dissociation en carbone et dioxyde de carbone s'effectue habituellement entre 400 et 700 °C. A 800 °C, le produit ne se dissocie pratiquement plus.



En présence de certains catalyseurs, notamment le palladium dispersé sur gel de silice, cette décomposition commence dès la température ordinaire.

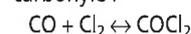
L'oxyde de carbone brûle dans l'air ou l'oxygène avec une flamme bleue en donnant du dioxyde de carbone et un dégagement de chaleur notable ; c'est en conséquence un

combustible fréquemment utilisé dans l'industrie.



En raison de ses propriétés fortement réductrices, le produit réagit avec de nombreux oxydes métalliques (oxydes de fer, de cuivre, de cobalt, de plomb, de manganèse...), avec formation du métal correspondant et de dioxyde de carbone.

Sous l'action de la lumière ou en présence de certains catalyseurs tels des charbons spécialement traités, le chlore se combine directement à l'oxyde de carbone en donnant un gaz très toxique, le dichlorure de carbonyle :



L'oxyde de carbone réagit avec certains métaux à l'état divisé (nickel, fer, cobalt, manganèse, chrome) avec formation de composés d'addition peu stables et très toxiques : les métaux carbonyles. Ces produits sont facilement décomposés par la chaleur en métal et oxyde de carbone.

Récipients de stockage

L'oxyde de carbone peut-être stocké dans des récipients en acier.

Méthodes de dosage dans le sang [5 à 8]

- Méthode de Moureu, Chovin, Truffert et Lebbe : extraction des gaz du sang et dosage basé sur l'absorption sélective de l'infrarouge par l'oxyde de carbone.
- Méthode du semi-microdosage de l'oxyde de carbone sanguin de Le Moan G., basée sur la réduction du chlorure de palladium.
- Méthode par chromatographie en phase gazeuse de Blackmore D.J.

Méthodes de détection et de détermination dans l'air [1, 9 à 13]

- Méthodes basées sur la chaleur dégagée par l'oxydation catalytique de l'oxyde de carbone en dioxyde de carbone au contact de certains catalyseurs tels que l'amianté platiné ou l'hopcalite (carboxymètre Draeger, appareil MSA...).
 - Méthodes basées sur la réduction du pentoxyde d'iode et détermination colorimétrique de l'iode libéré. De nombreux appareils font appel à ce principe : appareil Drager, détecteur colorimétrique MSA, détecteur du Cerchar, analyseur de gaz "brevets Kuhlmann"...
 - Méthodes basées sur la réduction de l'oxyde mercurique.
 - Méthode basée sur l'absorption dans l'infrarouge. Méthode la plus utilisée. De nombreux appareils font appel à ce principe.
 - Chromatographie en phase gazeuse.
 - Coulométrie.
- L'arrêté du 17 avril 1975 (JO du 2 mai 1975) précise que la méthode de travail qui doit être utilisée pour le contrôle des atmosphères est la méthode par absorption dans l'infrarouge.

Risques

Risques d'incendie [14]

L'oxyde de carbone est un gaz inflammable qui peut former des mélanges explosifs avec l'air dans les limites de 12,5 à 74,2 % en volume et avec l'oxygène dans les limites de 15,5 à 93,9 %.

L'agent d'extinction préconisé est la poudre.

Métabolisme [15, 16]

L'oxyde de carbone a une action particulière sur l'organisme, liée à son affinité pour l'hémoglobine aboutissant à la formation de carboxyhémoglobine.

Chez les individus normaux, la teneur en oxyde de carbone est de l'ordre de 0,4 à 0,8 ml pour 100 ml de sang ; chez les fumeurs, il n'est pas rare d'observer des taux allant de 1,5 à 2 ml pour 100 ml de sang.

L'oxyde de carbone ayant pris la place de l'oxygène, c'est par asphyxie que succombe l'organisme astreint à respirer l'oxyde de carbone.

Lorsque les deux tiers de l'hémoglobine sont saturés de ce gaz (environ 16 à 17 ml pour 100 ml de sang), une issue fatale est à prévoir.

Pathologie - Toxicologie [15 à 17]

La gravité de l'intoxication par oxyde de carbone est variable suivant la concentration du toxique, mais certains sujets peuvent

manifester une sensibilité particulière. Il est classique de distinguer plusieurs formes de manifestations.

L'intoxication massive risque d'entraîner une inhibition brutale de la respiration.

L'intoxication aiguë s'annonce habituellement par des prodromes : malaise général avec vertiges et céphalée (à ce stade, des efforts musculaires, réduisant la réserve d'oxygène, peuvent précipiter l'évolution). Parfois, on observe un état ébrié avec nausées et vomissements : dans d'autres cas, des troubles psychiques avec confusion mentale.

Ultérieurement apparaît une torpeur progressive avec impotence musculaire pouvant aller jusqu'au coma qu'il convient de traiter d'urgence pour prévenir le collapsus.

Des complications peuvent survenir compromettant le pronostic immédiat ou lointain : manifestations respiratoires et cardiaques, atteintes nerveuses (paralysies, syndromes parkinsoniens...) et psychiques (troubles de la mémoire, état confusionnel, démence...).

L'intoxication chronique est de diagnostic plus difficile, elle est essentiellement caractérisée par une triade fonctionnelle (céphalée, vertiges, asthénie) à laquelle s'associent surtout des troubles digestifs (nausées, vomissements). La réalité de l'intoxication doit être recherchée en vérifiant, d'une part, le risque (qui peut être professionnel ou domestique) et, d'autre part, le taux d'oxycarbonémie. Un taux supérieur à 1,5 ml % est considéré comme significatif à condition que le prélèvement de sang ait été fait après une abstinence de tabac d'au moins 24 heures, qui pourra être, éventuellement, contrôlée par la recherche de nicotine dans les urines.

Valeurs limites d'exposition

En France, le ministère du Travail a fixé pour l'oxyde de carbone la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) indicative qui peut être admise dans l'air des locaux de travail. Cette valeur correspond à 50 ppm, soit 55 mg/m³.

Réglementation

Hygiène et sécurité du travail

1° Dispositions générales

- Articles R. 232-5 à R. 232-5-14 du Code du travail.
- Circulaire du 9 mai 1985 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail (non parue au JO).

2° Prévention des incendies

- Articles R. 233-14 à R. 233-41 du Code du travail.
- Décret du 14 novembre 1962 (JO du 5 décembre 1962). Section V, articles 43 et 44.
- Décret du 17 juillet 1978 et arrêtés d'application relatifs au matériel électrique utilisable dans les atmosphères explosives.

3° Valeur limite d'exposition et contrôle de l'atmosphère des ateliers

- Circulaire du ministère du Travail du 5 mars 1985 (non parue au JO).
- Article R. 241-44 du Code du travail.
- Arrêté du 17 juin 1974 (JO du 2 juillet 1974) fixant les conditions d'agrément des organismes habilités à procéder aux examens ayant pour objet la surveillance de l'hygiène des ateliers et la protection des ouvriers contre l'ensemble des nuisances et contre les risques d'accidents.
- Arrêté portant agrément d'organismes habilités à procéder à des mesures ayant pour objet de déterminer la teneur de l'air en oxyde de carbone dans l'atmosphère des ateliers.

4° 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'inspecteur du travail ; tableau des maladies professionnelles n° 64.

5° Maladies de caractère professionnel

- Article L. 461-6 du Code de la sécurité sociale et décret du 3 août 1963 (JO du 23 août 1963) : déclaration médicale de ces affections.

6° Surveillance médicale spéciale

- Arrêté du 11 juillet 1977 (JO du 24 juillet 1977) fixant la liste des travaux nécessitant une surveillance médicale spéciale (travaux exposant aux émanations d'oxyde de carbone dans les usines à gaz, la conduite des gazogènes, la fabrication synthétique de l'essence ou du méthanol) et circulaire du 29 avril 1980 (non parue au JO).

7° Étiquetage

- De l'oxyde de carbone pur :
- Arrêté du 10 octobre 1963 modifié (JO du 21 janvier 1984) et circulaire du 29 janvier 1986 (non parue au JO). Cet arrêté prévoit une étiquette comportant notamment :
 - les symboles *Facilement inflammable* et *Toxique* ; l'énumération des risques particuliers et des conseils de prudence.
- Actuellement, cet étiquetage n'est pas obligatoire.

8° Réglementation des appareils à pression. Paris, Imprimerie des journaux officiels, brochures n° 1498.

Protection du voisinage

Installations classées pour la protection de l'environnement, Paris, Imprimerie des journaux officiels, brochures n° 1001 : n° 100, 105, 198, 207 à 209, 298 à 300, 361.

Utilisation en agriculture

1° Maladies professionnelles :

article 1170 du Code rural et tableau n° 40.

2° Surveillance médicale spéciale :

arrêté du 11 mai 1982 (*JO* du 13 mai 1982).

Transport

Pour le transport de ce produit, se reporter éventuellement aux règlements suivants :

1° Transport intérieur

– Règlement pour le transport par chemins de fer, par voies de terre et par voies de navigation intérieure des matières dangereuses. Approuvé par arrêté du 15 avril 1945 modifié. Paris, Imprimerie nationale.

– Règlement pour le transport et la manutention dans les ports maritimes des matières dangereuses. Approuvé par arrêté du 27 juin 1951 modifié. Paris, Imprimerie nationale.

– Transport par air des matières dangereuses. Arrêté du 14 janvier 1983.

– Règlement pour le transport par mer des marchandises dangereuses. Paris, Imprimerie nationale. Ce règlement s'inspire très largement du Code OMCI.

2° Transport international par voie ferrée

– Prescriptions de la Convention de Berne (RID édité par le BVDT de la SNCF, Paris).

3° Transport international par route

– Prescriptions des annexes A et B de l'ADR, ONU, Genève.

Mines

1° Décret n° 51-508 du 4 mai 1951 modifié portant règlement général sur l'exploitation des mines de combustibles minéraux solides. Titre VII, Section I, article 145. Titre XI, Section III, article 269.

2° Circulaire HSM 44 du 30 juillet 1951 modifiée. Instruction pour l'application du décret n° 51-508 du 4 mai 1951. Titre VII, Section I, article 145. Titre XI, Section III, article 269.

Recommandations [18, 19]

Les sources et les circonstances de formation de l'oxyde de carbone, extrêmement variables d'une industrie à l'autre, rendent impossible l'application systématique de mesures de prévention technique définies à l'avance. Seuls peuvent être énoncés les principes généraux à respecter dans tous les cas où il existe un risque d'intoxication par oxyde de carbone.

I. Au point de vue technique

- Avertir le personnel du danger d'exposition à l'oxyde de carbone et des risques particuliers que présentent les travaux qu'il doit assurer.
- L'instruire également sur la conduite à tenir en cas d'accident.
- Créer dans les établissements où sont exécutés de façon permanente des travaux particulièrement dangereux des équipes spécialisées de sauvetage et de secourisme équipées de tout le matériel nécessaire.
- Procéder au contrôle périodique de la teneur en oxyde de carbone des lieux de travail.
- Contrôler périodiquement et systématiquement les installations de production et de distillation des gaz

contenant de l'oxyde de carbone.

- Prévoir un matériel électrique conforme à la réglementation en vigueur [20].
- Assurer une bonne ventilation locale ou générale des locaux et postes de travail.
- Ne jamais pénétrer dans un réservoir, une cuve ou tout autre endroit susceptible de contenir de l'oxyde de carbone sans prendre les précautions d'usage [21].

II. Au point de vue médical

- Il est évident que l'on ne doit pas exposer le travailleur à un risque oxycarboné, mais il faut aussi prévoir l'accident et ne pas hésiter à éloigner des postes dangereux les sujets qui risquent de manifester une sensibilité particulière à ce redoutable toxique. D'une façon générale, les tares organiques (alcoolisme, syphilis, athérome...), les atteintes pathologiques antérieures (cardiaques, neuro-psychiques, rénales, sanguines) risquent d'aggraver une intoxication même minime. Nous signalerons aussi la fragilité des enfants et adolescents, des femmes enceintes, des vieillards, les problèmes que posent les diabétiques.
- En cas d'intoxication avec arrêt respiratoire, retirer le sujet de l'atmosphère viciée en évitant d'inhaler soi-même le toxique et en se mettant à l'abri de tout risque d'explosion ; dégager les vêtements gênants ; éviter le refroidissement.
- Commencer d'extrême urgence la respiration artificielle en y associant aussitôt que possible oxygénothérapie ou carbogénothérapie. L'oxygénothérapie hyperbare a apporté un progrès important.
- Le médecin doit intervenir au plus vite pour surveiller la réanimation et administrer, éventuellement, des analeptiques cardiovasculaires.
- La surveillance médicale des sujets exposés à un risque d'intoxication chronique comprendra utilement des vérifications d'oxycarbonémie. Les modalités de prélèvement et l'interprétation des résultats devront tenir compte des habitudes tabagiques