

Dioxyde de carbone

Fiche toxicologique n°238

Généralités

Edition _____ Juin 2020

Formule :

CO₂

Substance(s)

Formule Chimique	Détails
CO ₂	Nom Dioxyde de carbone
	Numéro CAS 124-38-9
	Numéro CE 204-696-9
	Synonymes Anhydride carbonique ; Neige carbonique ; Carboglace

Etiquette

Dioxyde de carbone

-

■ Cette substance doit être étiquetée conformément au règlement (CE) n° 1272/2008 dit "règlement CLP".

204-696-9

Caractéristiques

Utilisations

[2, 3, 5]

Le dioxyde de carbone est présent à l'état naturel dans l'atmosphère. Le taux normal varie de 0,03 à 0,06 % en volume.

Le dioxyde de carbone est utilisé essentiellement dans :

- l'industrie agroalimentaire (conservation et gazéification des boissons, refroidissement et congélation des denrées alimentaires, extraction de la caféine et du houblon par le dioxyde de carbone super-critique...);
- le refroidissement (pour l'ébarbage ou le broyage) des caoutchoucs, matières plastiques;
- des équipements d'extinction (dioxyde de carbone liquéfié sous pression, seul (neige carbonique) ou associé à d'autres gaz inertes (par exemple Inergen®));
- la synthèse de l'urée, de la méthionine;
- la protection des soudures (soudage TIG et MIG);
- le traitement de l'eau (contrôle du pH);
- les cultures sous serres;
- des applications médicales (thérapie laser, cryothérapie ou cryochirurgie, analgésie, gaz d'insufflation pour la chirurgie invasive).

Par ailleurs, du dioxyde de carbone peut se former lors de combustions, de putréfactions (eaux résiduelles : égouts, puits), de fermentations alcooliques et malolactiques (vinification).

Propriétés physiques

[1 à 9]

À température et pression ordinaires, le dioxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, à saveur piquante, plus lourd que l'air. Cependant, lorsque le dioxyde de carbone est utilisé dans une installation d'extinction automatique à gaz, il doit être odorisé. Il est soluble dans l'eau, à raison de 88 mL de dioxyde de carbone pour 100 mL d'eau à 20 °C, avec formation d'acide carbonique H₂CO₃.

Point de sublimation du dioxyde de carbone : - 78,5 °C

Nom Substance	Détails
---------------	---------

Dioxyde de carbone	N° CAS	124-38-9
	Etat Physique	Gaz
	Masse molaire	44,01
	Point de fusion	- 56,6 °C à 526 kPa
	Densité gaz / vapeur	1,53 (air = 1)
	Pression de vapeur	5 860 kPa à 21 °C
	Point critique	31,1 °C à 7 478 kPa

À 25 °C et 101 kPa, 1 ppm = 1,8 mg/m³.

Propriétés chimiques

[1 à 9]

À température ordinaire, le dioxyde de carbone est un produit très stable. Sa dissociation ne devient appréciable qu'entre 1 000 et 2 000 °C.

Le produit anhydre n'attaque pas les métaux et alliages usuels. Par contre s'il est humide, le dioxyde de carbone est corrosif. Seuls les aciers inoxydables (type 316, 309, 310), les Hastelloy® et le Monel® sont alors utilisables.

À haute température, le dioxyde de carbone est incompatible avec le molybdène, le tungstène, le fer, les aciers et alliages à base de nickel, qu'il oxyde.

À température ordinaire, le produit est compatible avec la plupart des élastomères et matières plastiques.

La neige carbonique est obtenue par détente du dioxyde de carbone liquéfié, la carboglace par compression de cette neige.

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

[10, 11]

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

Substance	Pays	VLEP 8h (ppm)	VLEP 8h (mg/m ³)	VLEP CT (ppm)	VLEP CT (mg/m ³)
Dioxyde de carbone	France (VLEP réglementaire indicative - 2007)	5000	9000	-	-
Dioxyde de carbone	Etats-Unis (ACGIH 1986)	5000	9000	30000	54000
Dioxyde de carbone	Allemagne (valeurs MAK)	5000	9100	10000	18200

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

En dehors des détecteurs fixes de gaz et vapeurs proposés pour l'industrie [12], des détecteurs portatifs à lecture directe (analyseurs infrarouges, capteurs électrochimiques ou à semi-conducteurs) peuvent fournir en continu une indication sur la concentration en dioxyde de carbone [13].

Certains gaz, non inflammables, pouvant interférer avec la mesure du dioxyde de carbone, l'utilisation de ces détecteurs est envisageable sous réserve du respect de la procédure de calibrage [13].

Le prélèvement par pompage de l'atmosphère dans un sac en matériau aluminisé (5 couches), suivi d'un dosage par chromatographie en phase gazeuse et détection par conductivité thermique, est possible [14].

De nombreuses normes concernant les détecteurs de dioxyde de carbone sont publiées [15 à 22].

Incendie - Explosion

Le dioxyde de carbone est un composé incombustible.

Le dioxyde de carbone est un agent extincteur utilisé dans de nombreux équipements d'extinction, qu'ils soient portatifs, mobiles ou fixes, automatiques ou manuels. Utilisé dans les installations d'extinction automatiques à gaz, il est souvent considéré à tort comme "gaz inerte". Or le dioxyde de carbone est dangereux pour la santé (voir la partie Pathologie - Toxicologie).

Il est donc primordial de suivre les bonnes pratiques en matière de conception, d'utilisation et de maintenance de ces installations d'extinction [23, 24].

Pathologie - Toxicologie

Toxicocinétique - Métabolisme

[25, 26]

Le dioxyde de carbone pénètre et est éliminé par inhalation ; il diffuse librement à travers la membrane alvéolaire vers le sang où il provoque une acidose respiratoire.

Chez l'animal

En plus de l'absorption pulmonaire, une pénétration percutanée est quelquefois observée.

Le libre échange pulmonaire fait qu'une augmentation de la pression de dioxyde de carbone (PCO_2) dans l'air inspiré provoque une augmentation de la PCO_2 dans les alvéoles qui se traduit par un accroissement immédiat de la PCO_2 dans le sang.

En conditions normales chez l'homme, la PCO_2 sanguine est maintenue à une valeur stable par la ventilation alvéolaire, sous le contrôle des centres respiratoires ainsi que par des impulsions provenant du cortex cérébral. Des variations légères de la concentration en CO_2 s'accompagnent de modifications correspondantes de la ventilation alvéolaire, qui aboutissent à une régulation de la PCO_2 sanguine.

L'hypercapnie aiguë (augmentation de la teneur en CO_2 du sang artériel) induit une acidose respiratoire (baisse du pH sanguin) due à un déséquilibre acide-base. Dans les minutes suivant une augmentation aiguë de la PCO_2 , il se produit une légère augmentation de la concentration plasmatique en bicarbonates, liée au pouvoir tampon intracellulaire (essentiellement au niveau de l'os et du muscle qui captent environ 60 % de la charge acide) et à la perte cellulaire de bicarbonates. Dans un deuxième temps, les protons acides sont éliminés principalement par une augmentation du volume et de la fréquence respiratoire. Dans les heures qui suivent, le rein répond à l'accumulation d'acide en augmentant la réabsorption de bicarbonates dans le tube contourné principal et la branche ascendante de l'anse de Henlé, et en amplifiant la sécrétion des protons dans le tube distal et le tube collecteur.

Lors de l'hypercapnie chronique ou acidose respiratoire chronique, la PCO_2 du liquide céphalorachidien (LCR) se modifie rapidement pour égaler la PCO_2 artérielle. L'hypercapnie, persistant plusieurs heures, induit, pour restaurer partiellement le pH du LCR, une augmentation de la concentration en bicarbonates qui atteint un maximum en 24 heures. Une hypercapnie prolongée stimule également au niveau du rein la sécrétion d'acide et intensifie l'excrétion d'ions ammonium (NH_4^+), jusqu'à un nouvel état d'équilibre atteint après 3 à 5 jours.

La PCO_2 doit être réduite prudemment ; en effet, une correction brutale de l'hypercapnie alcalinise le liquide céphalorachidien, ce qui peut provoquer des convulsions et induire une alcalose métabolique systémique aiguë, pouvant persister plusieurs jours.

Toxicité expérimentale

Le dioxyde de carbone est un gaz asphyxiant à partir de 30 % chez le rat ; sa diffusion très aisée à travers les membranes tissulaires est responsable de la rapidité d'apparition des effets sur le pH sanguin, les poumons, le cœur et le système nerveux central.

Aiguë et subchronique [26]

L'effet le plus important du CO_2 s'exerce sur l'équilibre acide/base et les électrolytes. La période d'acidose non compensée est caractérisée, chez le cobaye (15 % CO_2 , 73 j), par une baisse du pH extracellulaire et urinaire, de la concentration plasmatique en phosphore inorganique, de l'excrétion pulmonaire de CO_2 et de l'excrétion urinaire de bicarbonates, et par une augmentation de la concentration plasmatique de calcium et de l'excrétion urinaire de phosphore. Pendant la période de compensation, le pH extracellulaire retourne à la valeur normale, le taux de calcium plasmatique reste élevé et le taux de phosphore inorganique reste faible pendant 20 jours. Cet effet sur le calcium et le phosphore inorganique, associé à une calcification rénale, suggère une stimulation de la parathyroïde. Chez le rat (15 %, 11 j), on observe une augmentation de l'excrétion urinaire d'ions NH_4^+ et d'acides. À fortes concentrations, l'acidose respiratoire se développe plus rapidement et est compensée plus vite par des mécanismes homéostatiques (tampons sanguins, modifications respiratoires et compensation rénale) qu'à des concentrations plus faibles.

Les conséquences d'une exposition au CO_2 sur le système nerveux central sont immédiates à forte concentration : excitation psychomotrice, inconscience et convulsions. Chez le singe, une stimulation de la zone corticale et subcorticale, accompagnée d'une augmentation de l'activité hypothalamique, a été montrée pour une exposition de 10 minutes à 30 % de CO_2 ; si la concentration augmente, il apparaît un effet dépressif mis en évidence par une élévation du seuil de stimulation du cortex moteur.

Les effets pulmonaires semblent dus à l'acidose induite, plutôt qu'à une action directe du CO_2 . Ils sont immédiats et apparaissent à concentration plus faible que ceux sur le système nerveux central : accroissement de la ventilation minute, de la fréquence respiratoire, du volume courant et diminution de la conduction des voies respiratoires à partir d'une concentration de 5 %. La combinaison de ces effets peut entraîner une dyspnée, l'apparition d'une acidose respiratoire non compensée accompagnée d'œdème pulmonaire (rat, réversible en 7 j, et cobaye), de perte de surfactant entraînant une nécrose des cellules épithéliales bronchiolaires et d'atélectasie (affaissement des alvéoles pulmonaires, cobaye). Chez le singe, on note une stimulation de la fréquence respiratoire jusqu'à une concentration de 10 %, puis une dépression jusqu'à la mort de l'animal à un taux de CO_2 supérieur à 50 %. La survie à des concentrations élevées est possible si l'exposition est progressive (augmentation de 0,12 à 0,5 % par min) et si le retour à l'air normal se fait par une diminution progressive de la concentration de CO_2 (1 à 2 % par min).

Une réponse biphasique du même type a été observée sur le système cardiovasculaire du singe et du chien : augmentation de la fréquence cardiaque jusqu'à 10 % de CO_2 puis diminution jusqu'à 35 - 40 % et arrêt cardiaque à des concentrations supérieures. Si la concentration de CO_2 est augmentée progressivement, le singe survit jusqu'à 51 % de CO_2 . Le retour à l'air normal doit être progressif sous peine de troubles du rythme cardiaque, qui peuvent être mortels en 2 à 10 minutes. Une étude similaire chez le rat révèle des arythmies pendant l'exposition (50 - 70 % de CO_2) qui s'amplifient si la correction de l'anomalie est trop rapide.

Une induction de l'activité des surrénales est mise en évidence par une excrétion augmentée d'adrénaline, de noradrénaline, de 17-OH-corticostéroïdes et de catécholamines plasmatiques à des concentrations de CO_2 supérieures à 6 %. Des concentrations narcotiques (30 % dans l'air, 10 min) induisent chez le rat et le cobaye une baisse du cholestérol surrénalien et du nombre de lymphocytes et une augmentation du nombre d'éosinophiles et du poids des surrénales. En cas d'hypercapnie prolongée (cobaye, 15 %, 7 j), la stimulation corticale surrénalienne a lieu pendant la période d'acidose non compensée et disparaît avec la compensation. Si l'exposition est intermittente, il n'y a pas de compensation de l'acidose et pas de baisse de la réponse sympathosurrénalienne. La réponse de stress à l'hypercapnie représenterait donc un effet non spécifique dépendant du pH sanguin.

Le développement d'une tolérance a été observé lors d'expositions prolongées ; celle-ci se manifeste par une amplification de l'efficacité respiratoire, qui aboutit à une meilleure absorption d'oxygène et une excrétion de dioxyde de carbone plus efficace, et une normalisation de la fréquence cardiaque après une tachycardie initiale [26].

Le dioxyde de carbone gazeux n'est pas irritant pour la peau ; sous forme solide (carboglace) ou liquide, il peut provoquer des gelures cutanées ou oculaires [27].

Effets ototoxiques

Effets cancérogènes

[26]

Une seule étude suggère un effet cancérigène de la carboglace par voie cutanée chez la souris.

La carboglace utilisée dans un test d'irritation chronique (déposée tous les jours sur la peau abrasée) provoque une irritation locale avec épaissement de la peau au site d'exposition, des papillomes (87 %) après 3 semaines et des carcinomes (7 %) après 240 jours. Les auteurs imputent ce développement à l'effet non spécifique d'un irritant froid.

Il n'y a pas d'étude par inhalation.

Effets sur la reproduction

[26]

Le dioxyde de carbone induit, chez le rat mâle, des modifications testiculaires sans effet sur la fertilité, et des modifications cardiaques et squelettiques chez le fœtus.

Chez le rat, le dioxyde de carbone induit suivant la concentration (2,5 - 5 - 10 % CO₂ + 20 % O₂ + azote qsp 100 %) et de la durée de l'exposition (1 à 8 h), des modifications dégénératives des testicules. Les effets histologiques majeurs sont des perturbations tubulaires : desquamation et perte de netteté luminale à partir de 5 % pendant 4 heures, sillons et vacuolisation à partir de 10 % pendant 4 heures. Ces modifications sont réversibles 36 heures après l'arrêt de l'exposition. Chez la souris (35 %, 3 fois 2 h), il affecte la maturation des spermatozoïdes en diminuant la surface de la tête ; il n'y a pas de corrélation établie avec une baisse de la fertilité.

Le dioxyde de carbone entraîne des malformations fœtales chez le rat (6 % CO₂ + 20 % O₂ + 74 % N₂ pendant 24 h entre le 5^e et le 21^e jour de gestation) et le lapin (10 - 13 % CO₂, 4 à 10 h, pendant 2 ou 3 j entre le 7^e et le 12^e jour de gestation). Chez le rat, il augmente la mortalité postnatale, les malformations cardiaques et celles du squelette. La plus forte incidence est observée après exposition des mères pendant le 10^e jour de gestation. Chez le lapin, le dioxyde de carbone induit des malformations squelettiques assez diversifiées.

Toxicité sur l'Homme

L'exposition à de fortes concentrations est rapidement mortelle. Les effets sont d'abord une augmentation de l'amplitude et de la fréquence respiratoire, puis cardiovasculaires et vasomoteurs pour évoluer vers des troubles neurologiques graves (convulsion, coma). L'inhalation peut causer une bronchodilatation chez l'asthmatique en crise. A basse température, le contact avec le dioxyde de carbone peut provoquer des brûlures (neige carbonique). Les expositions prolongées peuvent provoquer des signes respiratoires, cardiovasculaires et neurologiques, sans modification des performances psychomotrices. Il n'y a pas de données sur d'éventuels effets cancérigènes ou toxiques pour la reproduction.

Les effets sur l'Homme du dioxyde de carbone ont été largement étudiés, du fait des nombreuses circonstances d'intoxications par ce gaz, normalement présent en faible concentration dans l'atmosphère.

Toxicité aiguë

[3, 6]

À forte concentration, le dioxyde de carbone est principalement un gaz asphyxiant qui peut entraîner la mort. L'importance des effets observés dépend de la concentration dans l'atmosphère et de nombreux facteurs physiologiques (âge du sujet, état vasculaire...) ou climatiques (température extérieure, pression en oxygène.).

Les premières manifestations apparaissent lors de l'inhalation d'une atmosphère contenant 2 % de CO₂ ; elles se traduisent par une augmentation de l'amplitude respiratoire.

- À partir de 4 %, la fréquence respiratoire s'accroît et la respiration peut devenir pénible chez certains sujets.
- À partir de 5 %, s'y ajoutent des céphalées, une sensation de vertige ainsi que les premiers effets cardiovasculaires et vasomoteurs (augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, vasodilatation périphérique).
- À 10 %, on peut observer des troubles visuels (parfois associés à une dégénérescence rétinienne), des tremblements, une hypersudation et une hypertension artérielle avec perte de connaissance, chez certains sujets, si l'exposition dure une dizaine de minutes.
- Lorsque l'on avoisine 20 %, des troubles graves d'apparition rapide peuvent survenir : dépression respiratoire, convulsion, coma et mort. Ces intoxications peuvent se compliquer d'une lyse musculaire. Il existe de nombreux cas de morts accidentelles brutales, liés à l'inhalation de fortes concentrations de CO₂ accumulé dans des lieux confinés (silos, caves) ou à des catastrophes environnementales.

L'inhalation de concentrations comprises entre 2 et 10 % peut entraîner une bronchodilatation chez l'asthmatique en crise.

On n'oubliera pas que le contact avec du CO₂ à très basse température (neige carbonique) peut provoquer des brûlures, avec phlyctènes sur la peau.

Toxicité chronique

[6, 28, 29]

Les effets d'une exposition prolongée au CO₂ ont été étudiés pour évaluer la tolérance des sujets à des séjours en espace confiné (sous-marins, par exemple). Les données existantes concernent des expositions expérimentales de volontaires à des concentrations assez élevées : 0,5 à 4 % avec une pression partielle d'oxygène normale.

- Pour des concentrations inférieures à 1 %, les variations des paramètres biologiques ne sont pas significatives.
- À partir de 1 %, on note une légère augmentation de la pression de CO₂ artérielle ainsi que de la pression partielle en oxygène en raison d'une hyperventilation.
- À partir de 2 %, l'augmentation de la pression partielle de CO₂ dans le sang artériel et l'air expiré s'accroît ; elle est associée à une faible diminution du pH, sans autre anomalie notable.
- À partir de 3 %, l'hyperventilation est marquée ainsi que la baisse du pH artériel (acidose respiratoire).
- À 4 %, on constate de plus l'apparition de céphalées et de gastralgies au repos, d'asthénie et d'extrasystoles à l'effort. Une augmentation du nombre d'hématies est également notée, peut-être en relation avec une hémococoncentration liée à une polyurie hydrique au cours des 24 premières heures d'exposition.
- Au-delà, le seuil de tolérance est clairement dépassé.

Dans aucun de ces cas, des modifications des performances psychomotrices n'ont été mises en évidence.

Des observations anciennes d'exposition dans des sous-marins de la Seconde Guerre mondiale dans lesquels la concentration en CO₂ était de l'ordre de 3 %, associée à un taux d'oxygène de 15 à 17 %, faisaient état de phases d'excitation et de dépression, d'une augmentation du flux sanguin cutané ainsi que d'une diminution de la température centrale et de la pression artérielle. Ces signes pouvaient s'associer à un ralentissement de la fréquence respiratoire et à des anomalies des fonctions mentales. Ces résultats, peut-être en relation avec d'autres polluants atmosphériques, n'ont pas été rapportés ultérieurement.

Dans une étude, on rapporte des altérations de la vision des couleurs (axe vert) qui n'ont jamais confirmés par la suite [30].

Il n'y a pas de données concernant un effet cancérigène ou toxique pour la reproduction, lors d'expositions chroniques professionnelles à du dioxyde de carbone.

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : Juin 2020

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.

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.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Article R. 4412-150 du Code du travail.
- Arrêté du 26 octobre 2007 (JO du 28 octobre 2007) modifiant l'arrêté du 30 juin 2004 modifié établissant la liste des VLEP indicatives (JO du 11 juillet 2004).

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.

Classification et étiquetage

a) **substance** dioxyde de carbone

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. Le dioxyde de carbone n'est pas inscrit à l'annexe VI du règlement CLP et ne possède pas d'étiquetage et de classification officiels harmonisés au niveau de l'Union européenne.

Cependant la majorité des fournisseurs proposent l'autoclassification suivante :

- Gaz sous pression (comprimé ou liquéfié ou dissous ou liquéfié réfrigéré) ; H 280 ou H 281 (lorsque les gaz sont mis sur le marché, ils doivent être classés comme « gaz sous pression » dans l'un des groupes suivants : « gaz comprimé », « gaz liquéfié », « gaz liquéfié réfrigéré » ou « gaz dissous ». L'affectation dans un groupe dépend de l'état physique dans lequel le gaz est conditionné et, par conséquent, doit s'effectuer au cas par cas).

Pour plus d'information, se reporter au site de l'ECHA (<http://echa.europa.eu/fr/>).

b) **mélanges** contenant du dioxyde de carbone

Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié.

Interdiction / Limitations d'emploi

Produits biocides : Ils sont soumis à la réglementation biocides (articles L. 522-1 et suivants du Code de l'environnement). À terme, la totalité des produits biocides seront soumis à des autorisations de mise sur le marché.

Le dioxyde de carbone est une substance active identifiée à l'annexe I et notifiée à l'annexe II du règlement (CE) n° 1451/2007 pour différents types de produits biocides. À la date de publication de cette fiche, le dioxyde de carbone a été autorisé dans les types de produits suivants :

- TP 6 (Protection des produits pendant le stockage)
- TP 15 (Avicides)
- TP 18 (Insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre les autres arthropode)

Le dioxyde de carbone est en cours d'évaluation pour le type de produit biocide TP 19 (Répulsifs et appâts) et n'est plus autorisé pour le type de produit biocide TP 14 (Rodenticides) depuis le 31 octobre 2019.

Le dioxyde de carbone ne peut plus être utilisé dans le type de produit TP 20 (Lutte contre d'autres vertébrés) : interdiction d'utilisation en France au 9 août 2011 (arrêté du 22 juin 2010)

Pour plus d'information, consulter le Helpdesk Biocides de l'Anses (<https://www.helpdesk-biocides.fr/>).

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 autre 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

Au point de vue technique

Information et formation des travailleurs

- **Instruire le personnel** des risques présentés par la substance, des précautions à observer, des mesures d'hygiène à mettre en place ainsi que des mesures d'urgence à prendre en cas d'accident.
- **Former les opérateurs** à la manipulation des moyens d'extinction (extincteurs, robinet d'incendie armé...).
- Ne pas **fumer, vapoter, boire** ou **manger** sur les lieux de travail.

Manipulation

- Protéger les bouteilles du soleil et des sources de chaleur et les manipuler avec soin pour prévenir les chocs.
- Utiliser les bouteilles **debout** et les **arrimer** pour éviter leur chute.
- **Fermer le robinet** de la bouteille après chaque utilisation.
- **Éviter l'inhalation** massive de gaz. Effectuer en **système clos** toute opération industrielle qui s'y prête. Dans tous les cas, prévoir une **aspiration** du gaz à la source d'émission, ainsi qu'une **ventilation** des lieux de travail conformément à la réglementation en vigueur [31].
- Faire contrôler **annuellement** l'exposition atmosphérique des salariés au dioxyde de carbone par un **organisme accrédité, sauf dans le cas où** l'évaluation des risques a conclu à un **risque faible** (§ Méthodes de détection et de détermination dans l'air).
- Au besoin, les espaces dans lesquels le dioxyde de carbone est stocké et/ou manipulé doivent faire l'objet d'une **signalisation** [32].
- Ne jamais procéder à des travaux sur ou dans des cuves et réservoirs contenant ou ayant contenu du dioxyde de carbone sans prendre les précautions d'usage [33].

Équipements de Protection Individuelle (EPI)

- Le choix des EPI dépend des conditions au poste de travail et de l'évaluation des risques professionnels.

Stockage

- Stocker les bouteilles de dioxyde de carbone **debout** et **attachées, à l'air libre** ou dans des locaux spéciaux frais (température de stockage inférieure à 50 °C), bien **ventilés**, à l'abri de l'humidité et de toute source d'ignition ou de chaleur. Dans tous les cas, il conviendra de se conformer aux préconisations du fabricant.
- Le stockage du dioxyde de carbone s'effectue habituellement sous forme de gaz liquéfié dans des bouteilles en acier inoxydable ; l'ogive de la bouteille est de couleur grise alors que le corps de la bouteille est blanc pour un usage médical et d'une couleur autre que blanche pour un usage autre que médical [34]. 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.
- Les bouteilles vides doivent être stockées séparément et doivent être enlevées régulièrement par le fournisseur.
- **Fermer soigneusement** les bouteilles et ne pas laisser les flexibles sous pression.
- Mettre à disposition dans ou à proximité immédiate du local/zone de stockage des moyens d'extinction adaptés à l'ensemble des produits stockés.

En cas d'urgence

- En cas de fuite, fermer l'arrivée du gaz ; si la fuite ne peut être stoppée, **aérer** la zone et **évacuer** le personnel en ne faisant intervenir que des opérateurs **entraînés et munis d'un équipement de protection approprié**.
- En cas d' **échauffement** apparent d'une bouteille, ne pas s'en approcher et arroser abondamment la bouteille avec de l'eau pulvérisée en se protégeant.
- Des appareils de protection respiratoires isolants autonomes sont à prévoir **à proximité et à l'extérieur** des locaux pour les interventions d'urgence.
- 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

- **Suivi médical** : éviter d'affecter à un poste comportant un risque d'exposition à de fortes concentrations (supérieures à 1 à 2 %) de dioxyde de carbone, des sujets présentant des affections cardiaques ou pulmonaires mal équilibrées.
- **Lors des visites initiale et périodiques**
 - **Examen clinique** : rechercher des signes cliniques traduisant une forte exposition.
 - **Examens complémentaires** : la périodicité des examens médicaux et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires (électrocardiogramme, ...) 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.

Conduites à tenir en cas d'urgence :

- **En cas d'inhalation** appeler rapidement un centre antipoison. Transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. Dans les 2 cas, faire transférer dans les plus brefs délais, en milieu hospitalier.
- **En cas de brûlure par le froid**, ne pas frotter. Réchauffer très progressivement en rinçant la zone contaminée avec de l'eau à température ambiante pendant au moins 15 minutes. Consulter rapidement un médecin.

Bibliographie

- 1 | Dioxyde de carbone (carboglace) ; dioxyde de carbone (liquide réfrigéré). Fiches de données de sécurité. Air Liquide, 2017 (<https://www.airliquide.com/fr/fiches-securite>).
- 2 | Dioxyde de carbone. L'Encyclopédie des gaz Air Liquide (<https://encyclopedia.airliquide.com/fr>).
- 3 | Carbon dioxide. In : PubChem. US NLM, 2020 (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>).
- 4 | Oxydes de carbone (8) - In : TESTUD F. Pathologie toxique en milieu de travail, 2^e éd. Éditions ESKA, 1998, pp. 83-91.
- 5 | Carbon dioxide. Gestis-databank on hazardous substances. BGIA (<http://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index-2.jsp>).
- 6 | Leikauf G.D., Prows D.R. - Inorganic compounds of carbon, nitrogen and oxygen. In : Patty's Toxicology, 5^e éd., vol. 3, Ed Eula Bingham, Cohns Barbara, and Powell Charles P. New York, John Wiley and Sons, 2001, pp. 625-630.
- 7 | Kirk-Othmer - Encyclopedia of Chemical technology, 4^e éd., vol. 5. New York, John Wiley and Sons, 1992, pp. 35-53.
- 8 | Safety training leaflet 06 - carbon dioxide. European Industrial Gases Association, Doc 23.06/18 (<https://www.eiga.eu/>).
- 9 | Dauphin A., Segui M.- Les gaz à usage médicaux. In : Pharmascopie, soins et thérapies. Paris, Arnette, 1991, pp. 41-43.
- 10 | Carbone (dioxyde de). Aide mémoire technique « Les valeurs limites d'exposition professionnelles aux agents chimiques ». ED 984. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 11 | Carbone dioxyde. 2001. In : Documentation of the TLVs® and BEIs® with Worldwide occupational exposure values. Cincinnati : ACGIH, CD-ROM, 2019.
- 12 | Détection fixe de gaz et de vapeurs pour l'industrie- Objectifs, choix, bonnes pratiques et maintenance. Aide mémoire technique ED 6271. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 13 | Détecteurs portables de gaz et de vapeurs. Guide de bonnes pratiques pour le choix, l'utilisation et la vérification. Aide mémoire technique ED 6088. INRS (<http://www.inrs.fr>).
- 14 | Carbon dioxide in the working atmospheres. Method ID-172. In : Sampling and Analytical Methods. OSHA, 1990 (www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html).
- 15 | NF EN 50543 Avril 2011 Matériels électroniques portables et transportables de détection et de mesure du dioxyde de carbone et/ou du monoxyde de carbone dans l'air ambiant intérieur des locaux - Exigences et méthodes d'essai.
- 16 | NF EN 45544-1 Mars 2015 Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 1 : exigences générales et méthodes d'essai.
- 17 | NF EN 45544-2 Mars 2015 Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 2 : exigences de performance pour les appareillages utilisés pour la gestion de l'exposition.
- 18 | NF EN 45544-3 Mars 2015 Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 3 : exigences de performance des appareillages utilisés pour la détection de gaz générale.
- 19 | NF EN 45544-4 Juin 2016 Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 4 : guide de sélection, d'installation, d'utilisation et d'entretien.
- 20 | NF EN 50543 Avril 2011 Matériels électroniques portables et transportables de détection et de mesure du dioxyde de carbone et/ou du monoxyde de carbone dans l'air ambiant intérieur des locaux - Exigences et méthodes d'essai.
- 21 | NF EN 50271 Août 2010 Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles, des gaz toxiques ou de l'oxygène - Exigences et essais pour les appareils utilisant un logiciel et/ou des technologies numériques.
- 22 | NF EN 50402 Décembre 2005 Matériel électrique pour la détection et la mesure des gaz ou vapeurs combustibles ou toxiques, ou de l'oxygène - Exigences relatives à la fonction de sécurité des systèmes fixes de détection de gaz.
- 23 | Les agents extincteurs gazeux utilisés dans les installations fixes. Aide mémoire technique, ED 6063. INRS (<https://www.inrs.fr/>).
- 24 | Référentiel APSAD R13. Extinction automatique à gaz - Règle d'installation. CNPP (<https://www.cnpp.com/>).
- 25 | Carbon Dioxide - In : Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics, 8^e éd. New York, McGraw-Hill, 1990, pp. 340-341.
- 26 | Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to carbon dioxide. Washington, US Department of Health, Education and Welfare, PuWc Health Service, NIOSH, 1976.
- 27 | Carbon Dioxide - In : Base de données CHEMINFO. Hamilton, Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité, 1998.
- 28 | Radziszewski E., Giacomoni L. et Guillerm R. - Effets physiologiques chez l'homme du confinement de longue durée en atmosphère enrichie en dioxyde de carbone. Proceedings of a colloquium on « Space & Sea ». Marseille, France, 24-27 novembre 1987. ESA SP-280, mars 1988.
- 29 | Radziszewski E. - Effets physiologiques chez l'homme du confinement de longue durée en atmosphère enrichie en dioxyde de carbone. Application à la détermination des limites admissibles de CO₂ dans la vie en espace clos. Thèse Fac. Sc., Lyon, 1987, n°87-11,329p.
- 30 | Weitzman D.O., Kinner J.S., Luria S.M. - Effect on vision of repeated exposure to carbon dioxide. U.S. Naval Submarine Medical Center Report, 1969, pp. 1-6.
- 31 | Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation ED 695. INRS (<https://www.inrs.fr>).
- 32 | Signalisation de santé et de sécurité au travail - Réglementation. Brochure ED 6293. INRS (<https://www.inrs.fr>).

33 | 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/entreprise/tableau_recommandations).

34 | Les bouteilles de gaz. Identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation. Brochure ED 6369. INRS (<https://www.inrs.fr>).

Historique des révisions

1 ^{re} édition	2001
2 ^e édition (mise à jour complète)	2005
3 ^e édition (mise à jour partielle) <ul style="list-style-type: none">■ Utilisations■ Valeurs limites d'exposition professionnelle■ Méthodes de détection et de détermination dans l'air■ Incendie - Explosion■ Réglementation■ Recommandations techniques et médicales■ Bibliographie	Juin 2020