



## Les agents extincteurs gazeux utilisés dans les installations fixes d'extinction

ED 6063

### **L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)**

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de prévention et de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés...

Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

**Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels**, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2022.

Édition : Katia Bourdelet (INRS)

Conception graphique : Julie&Gilles

Mise en pages : Valérie Latchague-Causse



ED 6063 |  
Septembre 2022

Moyens de prévention  
Équipements de protection collective  
et individuelle

# Les agents extincteurs gazeux utilisés dans les installations fixes d'extinction

Brochure INRS actualisée par A. Mardirossian,  
S. Malard, F. Marc, B. Sallé

Nous tenons à remercier les organismes suivants pour leurs observations et réflexions constructives :

- le Gifex (Groupement des installateurs fabricants de systèmes d'extinction automatiques fixes),
- le CNPP (Centre national de prévention et de protection),
- France Assureurs (Fédération française de l'assurance),
- l'Agrépi (Association des spécialistes de la maîtrise et du management des risques).

# Sommaire



<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'emploi</b>	<b>5</b>
1.1 Procédé de mise en œuvre	5
1.2 Mécanisme d'extinction	6
1.3 Caractéristiques d'emploi et propriétés extinctrices	7
1.4 Facteurs environnementaux	8
<b>2</b> <b>Propriétés physico-chimiques des gaz d'extinction</b>	<b>9</b>
<b>3</b> <b>Sécurité des personnes</b>	<b>11</b>
3.1 Risques liés aux gaz inertes et au dioxyde de carbone	11
3.2 Toxicité propre des gaz inhibiteurs	12
3.3 Risques liés aux produits de décomposition des agents extincteurs	13
3.4 Accès aux locaux après émission	13
<b>4</b> <b>Documentation technique</b>	<b>14</b>
4.1 Référentiels Apsad	14
4.2 Normes	14
<b>Bibliographie</b>	<b>15</b>

## Introduction

Diverses installations fixes d'extinction, mettant en œuvre un agent extincteur gazeux, sont mises en œuvre lorsque les risques d'incendie sont importants (opérations dangereuses de laboratoire ou d'atelier, stockage de produits inflammables...), que le matériel à protéger est stratégique, a une grande valeur (matériel informatique, centraux téléphoniques...) ou que l'eau ne peut être utilisée. Ces procédés, fonctionnant la plupart du temps par noyage total, permettent d'éteindre un foyer d'incendie grâce à une intervention précoce et rapide.

Le personnel travaillant dans des locaux protégés de cette manière ainsi que les équipes de sécurité incendie doivent être informés de la présence d'une chaîne d'extinction, de ses caractéristiques, des recommandations d'emploi, de l'éventuel effet dangereux du gaz et de la conduite à tenir en cas de déclenchement d'alarme.

## Historique

Les premiers agents extincteurs mis en œuvre ont été des gaz inertes ainsi que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le plus employé.

Issue de recherches entreprises au début du XX<sup>e</sup> siècle, une famille de dérivés halogénés d'hydrocarbures, les halons, commença à être utilisée dans la lutte contre l'incendie vers 1940. Mais il fallut attendre 1970 pour que l'emploi de ces gaz se développe en France. Le plus utilisé fut le halon 1301 (ou bromotrifluorométhane), choisi pour ses performances d'extinction et ses propriétés toxicologiques.

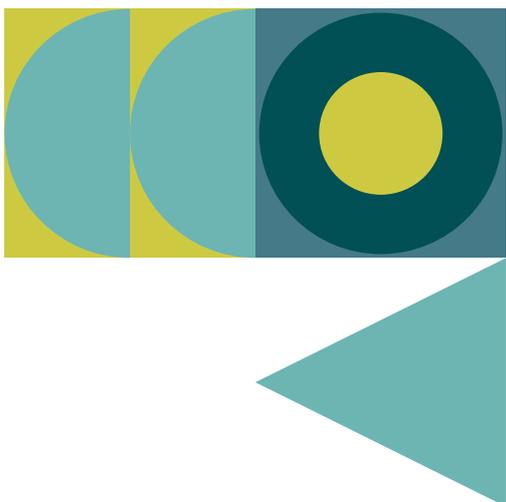
Du fait de leur composition chimique, certains hydrocarbures halogénés sont suspectés d'avoir une action destructrice sur la couche d'ozone ou une action sur le réchauffement climatique. Aussi, diverses décisions internationales ont été prises et la fabrication de ceux-ci est interdite depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1994, et leur utilisation (sauf pour des usages critiques) depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2004.

Des produits d'extinction gazeux pour installations fixes sont alors apparus sur le marché, tant pour remplacer le halon 1301, que pour éviter les risques liés à l'emploi du dioxyde de carbone. Ces agents de remplacement sont :

- soit des gaz inertes qui sont inoffensifs pour l'environnement et éteignent les feux en abaissant le taux d'oxygène,
- soit des gaz halogénés qui ont un impact plus important sur l'environnement mais qui sont mis en œuvre à des concentrations plus faibles et éteignent les feux par une combinaison de mécanismes chimiques et physiques.

Aujourd'hui, les gaz halogénés, aussi appelés HFC, sont encadrés par le règlement européen n° 517/2014 du 16 avril 2014 relatif aux gaz à effet de serre fluorés. Ils sont repris dans les articles R. 543-75 à R. 543-123 du Code de l'environnement.

Une charte, s'inscrivant dans le cadre de la stratégie nationale de gestion des gaz halogénés prévue par les décisions internationales, a été signée par les installateurs du Gifex (Groupement des installateurs fabricants de systèmes d'extinction automatiques fixes) et les recycleurs certifiés Apsad, avec le soutien du ministère chargé de l'Environnement. Ceux-ci étendent leurs compétences reconnues en assurant la récupération, le stockage et la destruction des gaz halogénés, en partenariat avec des sociétés autorisées à détruire ces produits par arrêté préfectoral. Ils s'engagent également à faire respecter la réglementation relative aux déchets dangereux.



# 1. Domaine d'emploi

## 1.1 Procédé de mise en œuvre

Les installations fixes à base d'agents extincteurs gazeux conviennent, dans l'ensemble, pour éteindre les « feux de surface » (voire les feux peu profonds pour les gaz inertes) dont l'énergie est principalement contenue dans les flammes. En ce qui concerne l'extinction de matériaux solides dont la combustion se fait avec formation de braises profondes, ce mode d'extinction nécessite une concentration trop importante de gaz extincteur.

Par ailleurs, ce procédé d'extinction peut, dans certains cas, ne pas être approprié pour combattre les feux de gaz ou de métaux.

Dans les applications de lutte contre l'incendie, les agents extincteurs gazeux permettent, si leur mise en œuvre respecte certaines prescriptions spécifiques, une extinction propre limitant les résidus ou dépôts. Ils sont, de plus, utilisables sur circuits électriques sous tension.

Compte tenu de la technicité des installations, celles-ci doivent être mises en œuvre et contrôlées par des spécialistes qualifiés et reconnus. Par exemple, CNPP Cert. délivre des qualifications de ce type, sur la base du référentiel Apsad R13 et de la certification volontaire associée.

Pour être prises en considération par la profession de l'assurance, ces installations doivent être réalisées par un installateur reconnu compétent (dispositif de certification de compétences Apsad, mis en place par CNPP Cert. par exemple), avec des matériels préalablement validés et installés conformément à un référentiel technique reconnu (Apsad, NFPA...).

Une installation fixe comprend généralement :

- la réserve d'agent extincteur,
- son réseau de distribution,
- les diffuseurs,
- le système de détection (pour les installations automatiques),
- les dispositifs d'alarme (alarme d'évacuation et alarme d'émission de gaz),
- les commandes manuelles,
- le dispositif de mise en œuvre,
- le dispositif électrique de commande et de temporisation (DECT).

Les installations fixes d'extinction peuvent être :

- modulaires, à réserver aux locaux de petits volumes mais avec les avantages d'une adaptation facile aux extensions et d'une limitation des réseaux de tuyauterie,
- centralisées, avec l'avantage d'un stock d'agent extincteur éventuellement hors du local protégé, avec limitation de la quantité de gaz stockée dans le cadre des protections multizones (systèmes directionnels) ce qui, entre autres, facilite le travail de maintenance et limite les risques en cas de fuite accidentelle.

Ces installations doivent être conçues pour atteindre la concentration appropriée d'agent extincteur, avec un temps d'émission adéquat (fonction notamment du dimensionnement des tuyauteries), au moment optimal (système de détection pertinent), pendant un temps d'imprégnation adapté. Ces éléments sont définis par des règles, en fonction de la nature du risque (type de produit, quantité...), dans des conditions assurant la sécurité des personnes (temporisation entre la détection et le lâcher du gaz, alarme sonore et visuelle...). L'étanchéité des locaux est un élément primordial de l'installation. Afin qu'elle soit pleinement assurée, les ouvertures doivent être automatiquement fermées avant l'émission du gaz d'extinction, de même que les installations de ventilation, de climatisation, de chauffage par ventilation... doivent s'arrêter automatiquement. La coupure d'énergie est également conseillée. De plus, il faut prévoir des événements de surpression (voir § 1.2) afin de réduire la surpression générée par l'arrivée soudaine du gaz d'extinction.

Ces installations doivent être à fonctionnement automatique avec possibilité toutefois, pendant les périodes où les locaux protégés sont occupés par du personnel, de mettre le système en mode manuel seul. Un signal sonore et visuel préviendra de la remise en mode automatique.

Dans les locaux protégés, une temporisation doit impérativement permettre au personnel d'évacuer.

Des dispositifs d'alarme sonore et visuelle doivent être mis en place tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la zone protégée, notamment au niveau des événements de surpression.

Ces installations doivent être entretenues périodiquement et vérifiées au moins deux fois par an. La maintenance doit être effectuée par des sociétés reconnues compétentes, afin de conserver l'efficacité du dispositif, et de préférence par celle qui a réalisé l'installation. Les travaux de maintenance doivent être exécutés de manière à limiter au minimum les périodes de mise hors service, à la fois en durée et en surface protégée. Des dispositions techniques et organisationnelles compensatoires doivent être prévues (moyens supplémentaires d'extinction, surveillance...).

La surveillance de la charge des réservoirs est, par ailleurs, essentielle pour assurer l'efficacité de

l'installation mais aussi pour limiter les risques liés à une éventuelle fuite de gaz.

Les bouteilles de gaz sont fixées pour éviter un basculement ou une chute et toujours maintenues à une température inférieure à 50 °C.

## 1.2 Mécanisme d'extinction

On distingue, parmi les agents extincteurs gazeux, deux principes d'extinction :

- celui du dioxyde de carbone et des gaz inertes, dits à « action physique »,
- celui des gaz inhibiteurs (halogénés), dits à « action chimique ».

Le **dioxyde de carbone** (CO<sub>2</sub>) et les **gaz inertes** – azote (N<sub>2</sub>) ou IG 100, argon (Ar) ou IG 01 – sont utilisés purs ou en mélange (IG 55, IG 541...).

L'extinction avec ces agents est obtenue par diminution de la teneur en oxygène dans l'atmosphère (de 21 % à 12% environ) et étouffement du feu.

Les **gaz inhibiteurs** sont essentiellement des hydrocarbures halogénés obtenus par remplacement des atomes d'hydrogène de l'hydrocarbure par des atomes d'halogènes (chlore, brome, fluor, iode), et ceux que l'on rencontre comme agents extincteurs sont des fluorocarbures (FC), des hydrofluorocarbures (HFC), des hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et des hydrobromofluorocarbures (HBFC) tels que le HFC 227 ea, le HFC 23, le HFC 125, le FC-3-1-10<sup>(1)</sup>... Sont également mis en œuvre d'autres composés halogénés tels que des cétones halogénées (par exemple le FK 5-1-12). Bien que les mécanismes d'extinction des composés halogénés ne soient pas parfaitement connus, il est généralement admis qu'ils agissent, pour une large part, par inhibition des réactions en chaîne apparaissant lors de la combustion. L'inhibition est la capacité d'une substance à réduire, voire à annuler certaines réactions chimiques. Au taux habituel de mise en œuvre, la teneur en oxygène du local protégé passe généralement de 21 % à 17-19%

1. À noter que la fabrication du FC 3-1-10 est arrêtée pour des raisons propres au fabricant. Cependant, les systèmes mis en place sont opérationnels et conformes au référentiel Apsad R 13 dans sa version de 2001.

environ, concentration à laquelle il n'y a pas de conséquence pour la santé, dans la mesure où le gaz utilisé n'est lui-même pas dangereux à froid.

### 1.3 Caractéristiques d'emploi et propriétés extinctrices

Les **gaz inertes** sont stockés sous forme gazeuse à haute pression et le **CO<sub>2</sub>** est stocké liquéfié sous pression. La quantité à émettre étant notable, les volumes de stockage sont importants et les temps d'émission sont de l'ordre de 1 à 2 minutes.

Les **gaz inhibiteurs** sont stockés sous forme liquéfiée et utilisent, généralement, une surpressurisation à l'azote. Le temps d'émission ne doit pas excéder 10 secondes pour limiter les produits de décomposition.

Il faut noter qu'en aucun cas un gaz d'extinction peut en remplacer un autre par simple échange des réservoirs. Il est impératif de toujours calculer la nouvelle installation en fonction des caractéristiques physico-chimiques propres au gaz d'extinction et de changer les composants de l'installation (diffuseurs, canalisations...).

Les concentrations de mise en œuvre ont été établies à partir d'un ensemble d'essais et correspondent aux concentrations minimales d'extinction multipliées par un facteur de sécurité (voir tableau 1).

**Tableau 1:** Caractéristiques d'emploi et propriétés extinctrices

Dioxyde de carbone	Formule	État de stockage à 20 °C	Pression de stockage à 20 °C (bars)	Concentration de mise en œuvre (%)	Concentration minimale d'extinction (% v/v) (combustible : <i>n</i> -heptane)
	CO <sub>2</sub>	Gaz liquéfié sous pression	58 (ou stockage basse pression à - 20 °C : 20 bars)	40 à 60	37

Gaz inerte	Formule	État de stockage à 20 °C	Pression de stockage à 15 °C (bars)	Concentration de mise en œuvre (%)	Concentration minimale d'extinction (% v/v) (combustible : <i>n</i> -heptane)
Azote ou IG 100	N <sub>2</sub>	Gazeux	200/300	40 à 60	32,3
Argon ou IG 01	Ar	Gazeux	160/200/300	40 à 60	39,1
IG 55	N <sub>2</sub> Ar	Gazeux	150/200/300	40 à 60	36,5
IG 541 ou Inergen	N <sub>2</sub> Ar CO <sub>2</sub>	Gazeux	150/200/300	40 à 60	33,8

Gaz inhibiteur	Formule	Type de stockage à 20 °C	Pression de stockage à 20 °C (bars)	Concentration de mise en œuvre (%)	Concentration minimale d'extinction (% v/v) (combustible : <i>n</i> -heptane)
HFC 227 ea ou FM 200	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	Gaz liquéfié sous pression d'azote	25/42/50	7 à 9	6,7
FK 5-1-12 ou Novec 1230	C <sub>6</sub> F <sub>12</sub> O	Gaz liquéfié sous pression d'azote	25/34,5/42/50	5 à 6	4,5
HFC 23	CHF <sub>3</sub>	Gaz liquéfié sous pression d'azote	41/70	14,5 à 16,5	12,6
HFC 125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	Gaz liquéfié sous pression d'azote	25/42	11 à 12	9,3
FC 3-1-10 ou CEA 410	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	Gaz liquéfié sous pression d'azote	25	7	5

## 1.4 Facteurs environnementaux

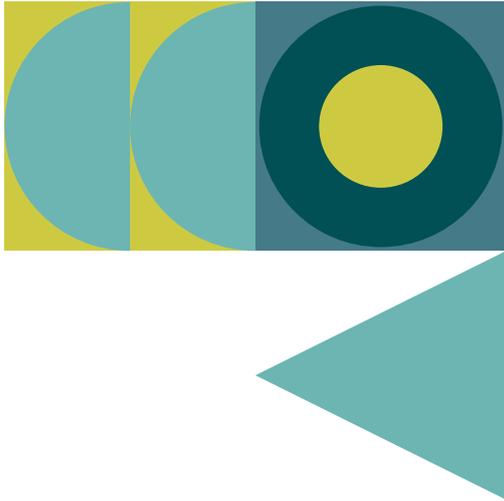
Les **gaz inertes** sont naturellement présents dans l'atmosphère ; ils ne créent aucun risque environnemental et sont sans influence sur la couche d'ozone et sur l'effet de réchauffement climatique. Le **CO<sub>2</sub>** est aussi naturellement présent dans l'atmosphère mais il possède un impact environnemental, notamment sur le réchauffement climatique.

Pour les **gaz inhibiteurs**, les principaux facteurs environnementaux à prendre en compte sont l'ODP (*ozone depletion potential* – potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone), le GWP (*global warming potential* – potentiel d'effet de serre) et la durée de vie dans l'atmosphère. Ces paramètres sont indiqués dans le tableau 2.

La prise en compte de l'impact environnemental doit être globale et liée au cycle de vie complet de l'agent considéré depuis sa production, son transport, son stockage jusqu'aux éléments d'installation.

**Tableau 2:** Facteurs environnementaux des gaz inhibiteurs

	HFC 227 ea	FK 5-1-12	HFC 23	HFC 125	FC 3-1-10
ODP	0	0	0	0	0
GWP (base CO <sub>2</sub> = 1)	3 220	1	14 800	3 500	8 860
Durée de vie dans l'atmosphère (en années)	39	0,019 (7 jours)	280	-	2 600



## 2. Propriétés physico-chimiques des gaz d'extinction

Tous les agents extincteurs cités sont non conducteurs de l'électricité.

### • Dioxyde de carbone – CO<sub>2</sub>

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est, à température ambiante, un gaz incolore et inodore (par mesure de sécurité, le gaz doit être parfumé lorsqu'il est utilisé dans les installations automatiques d'extinction à gaz), plus lourd que l'air.

- Pression de vapeur à 20 °C : 5,72 MPa
- Densité relative par rapport à l'air : 1,5

Le CO<sub>2</sub> est stable jusqu'à 900 °C environ. Sa décomposition thermique donne surtout naissance à du monoxyde de carbone (CO).

### • Azote – N<sub>2</sub> ou IG 100

L'azote (N<sub>2</sub>) ou IG 100 est, à température ambiante, un gaz incolore et inodore, de masse volumique approximativement identique à celle de l'air.

L'azote est le gaz constitutif de l'air le plus important (78 % environ).

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : - 195,8 °C
- Densité relative par rapport à l'air : 0,97

### • Argon – Ar ou IG 01

L'argon (Ar) ou IG 01 est, à température ambiante, un gaz incolore et inodore, plus lourd que l'air.

L'argon est le gaz rare le plus abondant dans l'air (0,934 % en volume). Il est caractérisé par une stabilité physique et chimique parfaite.

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : - 185,8 °C
- Densité relative par rapport à l'air : 1,4

### • IG 55

Le gaz IG 55 correspond à un mélange 50/50 des deux gaz inertes que sont l'argon et l'azote. Le mélange est incolore, inodore, de densité voisine de celle de l'air (1,2).

### • IG 541

Le gaz IG 541 correspond à un mélange spécifique renfermant 52 % d'azote, 40 % d'argon et 8 % de dioxyde de carbone. Sa densité est proche de celle de l'air (1,2).

### • HFC 227 ea – C<sub>3</sub>HF<sub>7</sub>

Le HFC 227 ea, qui correspond au 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoropropane (C<sub>3</sub>HF<sub>7</sub>), est un gaz incolore et inodore, très stable jusqu'à 700 °C.

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : - 16,4 °C
- Pression de vapeur à 20 °C : 0,39 MPa
- Densité relative par rapport à l'air : 5,9

### • FK 5-1-12 – C<sub>6</sub>F<sub>12</sub>O

Le FK-5-1-12, qui correspond à la dodécafluoro-2-méthylpentan-3-one (C<sub>6</sub>F<sub>12</sub>O), est une substance incolore, presque inodore.

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : 49 °C
- Pression de vapeur à 20 °C : 32,6 kPa
- Densité relative par rapport à l'air : 11

• **HFC 23 – CHF<sub>3</sub>**

Le HFC 23 correspond au trifluorométhane (CHF<sub>3</sub>) ; c'est un gaz incolore d'odeur très légèrement étherée, très stable jusqu'à 1 150 °C.

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : - 82,0 °C
- Pression de vapeur à 20 °C : 4,18 MPa
- Densité relative par rapport à l'air : 2,4

• **HFC 125 – C<sub>2</sub>HF<sub>5</sub>**

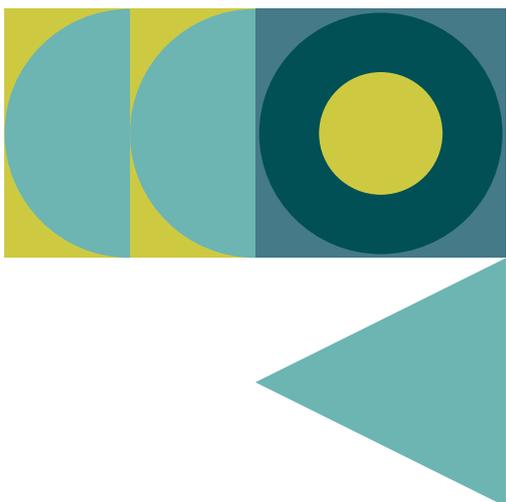
Le HFC 125 correspond au 1,1,1,2,2-pentafluoroéthane (C<sub>2</sub>HF<sub>5</sub>) ; c'est un gaz incolore et presque inodore.

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : - 48,09 °C
- Pression de vapeur à 20 °C : 1,2 MPa
- Densité relative par rapport à l'air : 4

• **FC 3-1-10 – C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>**

Le FC 3-1-10 correspond au perfluorobutane (C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>), gaz incolore et inodore.

- Température d'ébullition à 1 013 hPa : - 2 °C
- Pression de vapeur à 20 °C : 0,284 MPa
- Densité relative par rapport à l'air : 1,5



## 3. Sécurité des personnes

### 3.1 Risques liés aux gaz inertes et au dioxyde de carbone

Les gaz inertes et le dioxyde de carbone, de par leur mode d'extinction, sont mis en œuvre en quantité telle qu'ils abaissent le taux d'oxygène de la zone protégée à une concentration inférieure à 15 %, généralement aux alentours de 12 %.

La présence de **gaz inerte** en excès dans l'air entraîne une oxygénation insuffisante de l'organisme. En cas d'exposition brève, pour la plupart d'entre eux (azote, argon ou leurs mélanges tels que l'IG 55 et l'IG 541), le seul problème de santé relatif à leur utilisation résulte de la réduction partielle du taux d'oxygène. Celle-ci reste toutefois dans des proportions acceptables pour l'organisme (on estime que la pression d'oxygène au niveau des poumons est quasiment équivalente à celle présente au sommet du Mont Blanc). Toutefois, il y a lieu de noter que, dans le cas du déclenchement de gaz, le changement est rapide et ne permet pas à l'organisme de mettre en place des compensations. Lorsque la concentration en oxygène dans l'air est comprise entre 12 et 16 %, les symptômes observés comprennent une augmentation du rythme respiratoire et du pouls et une légère perturbation de la coordination des mou-

vements. Entre 10 et 14 %, la conscience reste en éveil mais des signes psychiques apparaissent ainsi qu'une fatigue anormale et une respiration inégale. Cependant, même si la capacité de réaction à l'hypoxie (diminution de l'apport d'oxygène aux différents tissus de l'organisme) s'avère très limitée, un séjour de courte durée, en l'absence d'effort intense, ne provoque pas de lésion définitive chez une personne en bonne santé, ce qui laisse au personnel le temps d'évacuer les locaux sans problème après le déclenchement du système d'extinction.

À la différence des gaz inertes, le **dioxyde de carbone** (CO<sub>2</sub>) présente un risque physiologique avant que l'effet asphyxiant ne se manifeste. Le CO<sub>2</sub> provoque des perturbations des fonctions respiratoire et circulatoire ainsi que de l'équilibre acido-basique. Ces troubles augmentent avec le pourcentage de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Si des concentrations relativement élevées de CO<sub>2</sub> sont bien tolérées temporairement et peuvent même se révéler bénéfiques lorsque l'oxygénation est maintenue, il n'en va pas de même lorsque la concentration dépasse 25 %. À partir de cette teneur, on peut observer une dépression du système nerveux central, avec coma parfois convulsif et la mort. Ces troubles peuvent apparaître de façon très brutale si la transition entre l'atmosphère normale et l'atmosphère polluée est rapide. L'action sera renforcée si l'atmosphère est fortement appauvrie en oxygène (moins de 10 %). L'anoxie (interruption de l'apport d'oxygène aux

différents tissus de l'organisme) créée, associée à l'hypercapnie (augmentation de la teneur du sang en CO<sub>2</sub>), entraîne une sidération brutale des centres nerveux, avec syncope réflexe et arrêt cardiorespiratoire immédiat. Par conséquent, il est recommandé d'utiliser le CO<sub>2</sub> uniquement pour la protection ponctuelle de petits volumes.

### 3.2 Toxicité propre des gaz inhibiteurs

Les toxicités propres des gaz halogénés de substitution du halon 1301, tels que le HFC 227 ea, le HFC 125, le FC 3-1-10, le HFC 23 et le FK 5-1-12 sont faibles.

La CL<sub>50</sub><sup>(2)</sup> du HFC 227 ea chez le rat est supérieure à 80 % (soit 800 000 ppm) dans l'oxygène.

La CL<sub>50</sub> du HFC 23 chez le rat est supérieure à 66,3 % (soit 663 000 ppm). Des concentrations très élevées peuvent donner des effets narcotiques. Des études de toxicité à long terme chez l'animal n'ont pas révélé d'effets cancérigènes, tératogènes ou mutagènes (test d'Ames). Chez le chien, aucune arythmie n'a été provoquée par une exposition de 5 minutes à 30 % de HFC 23.

2. Concentration atmosphérique calculée qui entraîne le décès de 50 % des animaux lors d'une exposition aux vapeurs du produit pendant 4 heures.

La CL<sub>50</sub> du HFC 125 chez le rat est supérieure à 70 % dans l'oxygène.

La CL<sub>50</sub> du FC 3-1-10 chez le rat est supérieure à 80 % dans l'oxygène. En cas d'exposition répétée (6 heures/jour, 5 jours/semaine pendant 2 semaines), l'inhalation d'une concentration de 10 % de FC 3-1-10 ne provoque aucun effet néfaste chez le rat. Un essai de sensibilisation cardiaque chez le chien s'est révélé négatif jusqu'à une concentration de 40 %. Enfin, aucun effet mutagène n'a été mis en évidence lors d'un essai d'Ames avec et sans activation.

Quant au FK 5-1-12, on ne dispose que d'un nombre très limité d'essais toxicologiques. Ceux-ci ne permettent pas d'évaluer les dangers du produit, notamment pour l'homme. Les seuls résultats dont nous disposons ne montrent pas d'effet toxique lors d'une exposition par inhalation (CL<sub>50</sub> et sensibilisation myocardique).

À notre connaissance, pour les gaz halogénés, aucune expérimentation n'a été conduite afin d'étudier les effets chez l'homme de ces substances lors d'une exposition de durée notable.

Les concentrations d'utilisation de ces agents sont inférieures à la NOAEL (*No observable adverse effect level* – dose pour laquelle aucun effet néfaste n'est observé) et *a fortiori* à la LOAEL (*Lowest observable adverse effect level* – dose la plus basse à laquelle un effet néfaste est observé). Dans ces conditions, leur mise en œuvre en présence de personnel est envisageable. Les données habituellement reconnues sont regroupées dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Données concernant la toxicité des gaz inhibiteurs**

	HFC 227 ea	FK 5-1-12	HFC 23	HFC 125	FC 3-1-10
Concentration d'utilisation (%) - Feu de solide (classe A)	7,9	5,3	16,3	11,2	≈ 19
NOAEL (% v/v)	9	10	30	7,5	40
LOAEL (% v/v)	10,5	> 10	> 30	10	> 40
CL <sub>50</sub> (%)	> 80	> 10	> 65	> 70	> 80
Marge de sécurité (%) entre le % de concentration et NOAEL	14	89	84	–	110

### 3.3 Risques liés aux produits de décomposition des agents extincteurs

La composition des atmosphères d'incendie est tellement complexe qu'il est impossible de prédire avec exactitude leurs effets sur les personnes, lesquelles sont, par ailleurs, également exposées à l'action de la chaleur. Dans un incendie, la plupart des décès sont liés à l'inhalation des fumées toxiques et/ou corrosives plutôt qu'aux effets thermiques (voir *Pour en savoir plus* brochure ED 990).

Dans le cas d'un début d'incendie immédiatement maîtrisé, peu de produits de combustion sont formés, et l'agent extincteur n'a pas été décomposé ; il suffit alors de connaître la toxicité propre ou le caractère asphyxiant de l'agent extincteur non décomposé pour évaluer la toxicité de l'atmosphère.

Dans le cas d'un incendie maîtrisé tardivement, la toxicité globale de l'atmosphère dépend :

- de l'effet asphyxiant lié à l'appauvrissement de l'atmosphère en oxygène (oxygène déplacé par l'agent extincteur et consommé par la combustion),
- de la toxicité des produits résultant de la pyrolyse et de la combustion des combustibles présents dont l'effet peut parfois être prépondérant (par exemple, acide cyanhydrique),
- de la toxicité des produits de décomposition thermique de l'agent extincteur utilisé.

Les études toxicologiques et les expérimentations d'extinction relatives aux agents extincteurs gazeux montrent que les risques d'intoxication sont dus principalement aux produits de décomposition toxiques et/ou corrosifs, tels que le monoxyde de carbone (CO), les acides chlorhydrique (HCl), fluorhydrique (HF)..., ou asphyxiants tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), répandus dans l'atmosphère par la combustion. Mis en œuvre avec des spécifications particulières, les agents extincteurs permettent d'avoir une action efficace sur la combustion et, de ce fait, de diminuer la quantité globale de produits de combustion potentiellement émis.

Le principal produit de décomposition thermique du dioxyde de carbone est le monoxyde de car-

bone ; ce gaz n'est pas décelable par des personnes exposées qui peuvent être intoxiquées sans s'en rendre compte.

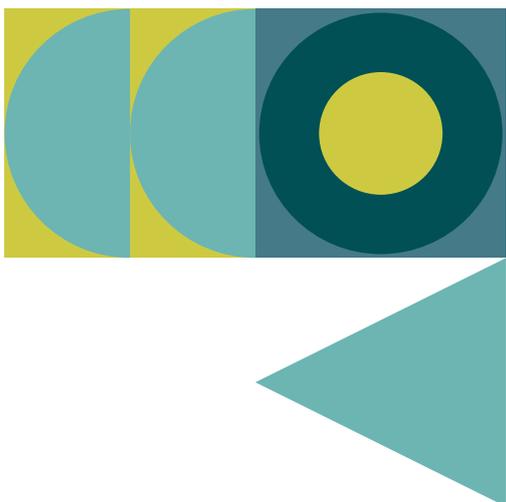
Si à froid les gaz inhibiteurs ne présentent que peu de risques, ils donnent naissance, à haute température et sur des feux étendus et prolongés, à une quantité notable de produits de pyrolyse qui peuvent être toxiques et/ou corrosifs, en particulier des acides (HF, HCl...). Ces produits de décomposition ont une odeur âcre et souvent irritante, ce qui permet de les déceler bien avant d'atteindre la limite dangereuse admissible, en cas d'incendie. Dans le cadre de la sécurité des biens, les produits de décomposition corrosifs attaquent les équipements et installations (surfaces magnétiques, composants électroniques...). Pour toutes ces raisons, il est nécessaire, pour les gaz halogénés, d'émettre l'agent dans un temps très court (10 secondes maximum, voir § 1.3), dès la fin de la période d'évacuation.

### 3.4 Accès aux locaux après émission

L'accès aux locaux, après émission de gaz extincteur et après confirmation de l'extinction, ne doit se faire :

- que plusieurs minutes après l'émission (*a minima* 10 minutes) pour tenir compte du temps d'imprégnation nécessaire, défini par les paramètres de conception, afin d'éviter de réactiver un feu couvant par l'ouverture d'une porte,
- que par du personnel qualifié, muni d'un appareil de protection respiratoire isolant autonome, formé à son utilisation et chargé de préparer le retour dans le local.

Le retour du personnel dans le local, après émission, ne pourra être autorisé qu'après ventilation et contrôle des teneurs en oxygène et en monoxyde de carbone (CO). L'atmosphère du local ne doit plus contenir de gaz extincteur résiduel et de produits de combustion. Il importera, en particulier, de s'assurer de l'absence d'éventuels produits toxiques et/ou corrosifs, engendrés soit par la combustion, soit par la pyrolyse des composés halogénés.



## 4. Documentation technique

### 4.1 Référentiels Apsad

Le CNPP publie des référentiels techniques Apsad qui définissent, entre autres, les exigences destinées à assurer l'efficacité des installations dans le domaine de la protection incendie et, dans le cas des systèmes d'extinction automatique à gaz, à réduire les risques d'exposition des personnes aux agents extincteurs (alarmes, temporisation...). Ils sont rédigés, sous la responsabilité du CNPP, par les experts et parties prenantes du domaine de l'extinction automatique à gaz (CNPP, France Assureurs, INRS, fabricants, installateurs, mainteneurs...).

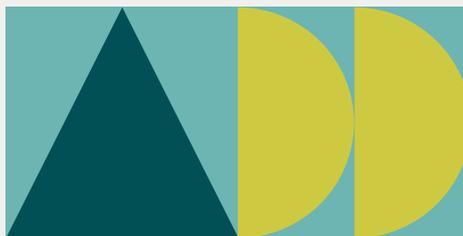
- Référentiel Apsad R 13 : Extinction automatique à gaz. Règle d'installation.
- Référentiel Apsad R 7 : Détection automatique d'incendie. Règle d'installation et de maintenance.

### 4.2 Normes

Les normes NF EN 15004-1 et suivantes (Installations fixes de lutte contre l'incendie – Installations d'extinction à gaz) fournissent les caractéristiques des gaz et des prescriptions de conception des installations.



# Bibliographie



## Pour en savoir plus

---

- Incendie et lieux de travail. Prévention et organisation dans l'entreprise. ED 990, INRS
- Les bouteilles de gaz. Identification, prévention lors du stockage et de l'utilisation. ED 6369, INRS
- Traité pratique de sécurité incendie. 15<sup>e</sup> ed., CNPP.
- *Standard on clean agent fire extinguishing systems*. NFPA, 2001. USA

## Contacts utiles

---

- CNPP : [www.cnpp.com](http://www.cnpp.com)
- France Assureurs : [www.franceassureurs.fr](http://www.franceassureurs.fr)
- FFMI et Gifex : Fédération française des métiers de l'incendie et Groupement des installateurs fabricants de systèmes d'extinction automatiques fixes : [www.ffmi.asso.fr](http://www.ffmi.asso.fr)

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

**Pour commander les publications de l'INRS au format papier**

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur [www.inrs.fr/reseau-am](http://www.inrs.fr/reseau-am)

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à [service.diffusion@inrs.fr](mailto:service.diffusion@inrs.fr)

Les installations fixes d'extinction, mettant en œuvre des agents extincteurs gazeux, peuvent être recommandées pour la protection de nombreux locaux de travail, notamment ceux où les risques d'incendie sont importants ou ceux renfermant des équipements stratégiques ou coûteux.

Ce guide fournit aux utilisateurs, en particulier aux personnels chargés de la sécurité incendie, les informations nécessaires à une meilleure connaissance des agents extincteurs rencontrés : domaine d'emploi, présentation des gaz utilisés, risques liés aux produits de décomposition, accès aux locaux après émission et recommandations d'emploi.



Institut national de recherche et de sécurité  
pour la prévention des accidents du travail  
et des maladies professionnelles  
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris  
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

### Édition INRS ED 6063

2<sup>e</sup> édition | septembre 2022 | Disponible uniquement en format numérique | ISBN 978-2-7389-2778-1

L'INRS est financé par la Sécurité sociale  
Assurance maladie - Risques professionnels