

# Les fumées



*Photo : Sapeurs-pompiers de Paris*



# Les fumées

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>Les volumes produits</b> .....	<b>4</b>
<b>L'opacité des fumées</b> .....	<b>5</b>
<b>La vitesse de production</b> .....	<b>6</b>
<b>La toxicité des fumées</b> .....	<b>7</b>
HCl .....	7
L'acide cyanhydrique (HCN) .....	8
Le gaz carbonique (CO <sub>2</sub> ) .....	9
Le gaz chlorhydrique (HCl) .....	9
Les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	10
Les effets cumulés .....	10
Deux cas particuliers .....	11
<b>Inhalation de fumées</b> .....	<b>12</b>
Evaluation précoce des dangers toxiques chez les victimes d'incendie .....	12
La privation d'oxygène et l'inhalation de gaz asphyxiants .....	13
Les perturbations neurologiques .....	13
Les perturbations cardio-vasculaires .....	13
L'exposition aux gaz irritants .....	14
Lésions des yeux .....	14
Atteinte des voies aériennes supérieures .....	14
Atteinte des voies aériennes basses et du parenchyme pulmonaire .....	14
L'oxygénothérapie .....	15
L'antidote n° 1 chez les victimes d'incendie .....	16
Le transfert des victimes d'incendie .....	16
<b>En conclusion</b> .....	<b>17</b>
La toxicité des fumées .....	17
Agression thermique .....	17
Agression particulière .....	17
Agression Chimique .....	17
Le monoxyde de carbone (CO) .....	17
L'acide cyanhydrique .....	18
Les autres gaz .....	18
<b>Sources d'informations</b> .....	<b>18</b>



# Les fumées

## Introduction

Il est depuis longtemps établi que la «première cause» des décès liés aux incendies reste l'inhalation des fumées. A côté, il existe une «cause secondaire» résultant des températures élevées qui vont s'installer dans l'environnement immédiat de ces feux. En fait, il doit être admis que les incendies ne présentent que deux dangers principaux pour l'homme, «le premier est dû aux fumées et aux gaz toxiques qu'ils véhiculent, le second provient de la chaleur proprement dite». Naturellement, face à ces deux dangers, il existe des «limites de tolérance humaine» qui valent aussi bien pour les personnes directement impliquées que pour celles qui seront appelées à intervenir dans le cadre des opérations de sauvetage et d'extinction. Ces limites sont susceptibles de varier dans de larges plages dépendant principalement de la qualité des moyens de protection individuelle et/ou d'intervention mis à la disposition des deux populations citées. Lorsque l'une d'entre elles est dépassée, les chances de survie des individus sont considérablement affaiblies.

Nous nous proposons d'étudier ces «limites de tolérance humaine», dont la connaissance par les sapeurs-pompiers est indispensable. Pour cela, il nous semble nécessaire de mener:

- une expertise des deux dangers cités,
- une «lecture technique» des mesures simples de prévention et de prévision à adopter pour protéger les personnes directement impliquées et pour permettre aux sapeurs-pompiers d'intervenir avec efficacité.

Le danger des fumées résulte de la combinaison de trois paramètres fondamentaux qu'il convient d'apprécier: l'abaissement de la visibilité liée à l'opacité des fumées, leur toxicité, et la vitesse – ou leurs vitesses – de production. Le premier paramètre cité, l'abaissement de la visibilité, est tout simplement lié aux volumes de fumées produits par la combustion des matériaux solides et/ou liquides impliqués dans les incendies, à leur opacité et leurs vitesses de production. L'abaissement de la visibilité provoque une perte de l'orientation, un effet de panique, et un masquage partiel ou total des itinéraires de fuite.



# Les fumées

## Les volumes produits

Lorsque les incendies prennent naissance à l'air libre, les volumes de fumées produits peuvent se développer dans un espace à trois dimensions et se mélanger en «quantité infinie» avec l'atmosphère. Dans les environnements clos, la situation est tout autre, puisque les volumes de fumées produits ne peuvent pratiquement se développer que dans des plans horizontaux. L'unique point commun aux deux situations rencontrées reste l'importance des volumes de fumées produits lors de l'incendie. Ce sont «sensiblement des invariants» qui ne vont dépendre que de la qualité et de la quantité des matériaux solides et liquides alimentant l'incendie. Dans le cadre de travaux de recherche déjà anciens, ces volumes ont fait l'objet d'évaluations (voir références bibliographiques). Ils se mesurent toujours en millions de m<sup>3</sup>. Pour s'en convaincre, il suffit de donner quelques indications volontairement simplifiées et reposant sur les volumes de fumées produits par la combustion des principaux matériaux que l'on rencontre dans la plupart des incendies conventionnels.

### Estimation des volumes de fumées produits par la combustion de quelques matériaux courants

\* m<sup>3</sup> de fumées produits par la combustion de 10 kg de matériaux.

Papier	10000
Polyuréthane	22000
Polyéthylène	22000
Caoutchouc	25000
Essence	25000
Gasoil	25000

A l'évidence, la lecture de ce premier tableau montre que les volumes de fumées produits par la combustion de faibles quantités de matières dépassent largement ceux de la plupart des bâtiments conventionnels. A titre d'exemple, indiquons qu'une automobile moderne comprend plus de 100 kg de matières plastiques, représentant environ 20% de son volume, et cinq pneumatiques. En cas d'incendie, il est facile d'imaginer que les volumes de fumées produits seront infiniment plus grands que celui du garage l'abritant. Pour les seules matières plastiques, ils seront de l'ordre de 220000 m<sup>3</sup> ! Si maintenant l'on revient sur l'actualité récente de la catastrophe autrichienne de Kaprun, il faut indiquer que la combustion d'une simple paire d'après-ski peut produire 2500 m<sup>3</sup> de fumées! Dans un appartement moderne, les matières plastiques occupent une place prépondérante et il suffit de la combustion de quelques dizaines de grammes de ces matières pour voir les fumées l'envahir...



# Les fumées

## L'opacité des fumées

Les études permettant d'apprécier l'opacité des fumées produites lors des incendies sont nombreuses, mais si l'on ne s'arrête qu'aux matériaux déjà cités, il faut noter:

- pour le caoutchouc, une production de «fumées opaques et âcres» rendant «délicates la reconnaissance et la progression»;
- pour les mousses de polyuréthane et selon leur qualité, une «combustion avec flamme rouge et claire et fumées noires», une «fumée noire, puis grise», des «fumées noires s'éclaircissant ensuite», une «flamme assez vive avec fumées noires». En contradiction avec ce qui précède, une source fait état de fumées blanches, mais nous devons indiquer qu'elles présentent la même opacité que les fumées noires;
- pour les hydrocarbures, des fumées denses et noires;
- pour les matières plastiques autres que le polyuréthane, les couleurs des fumées vont du blanc (polyéthylènes, polypropylènes, polyamides...) au noir (PVC souples, PVC rigides, polychlorures de vinyle, polystyrènes, polyesters...).

De son côté, un livret très largement diffusé en France «Le feu, les plastiques, l'habitation et les sapeurs-pompiers» (1988) indique:

- que «les sapeurs-pompiers constatent qu'il y a de plus en plus de fumées lors des incendies» et que cela résulte «de la part croissante des plastiques dans les équipements»;
- que «la fumée est le résultat d'une combustion incomplète» conduisant à la formation «de fines particules liquides et solides en suspension dans le mélange des gaz de combustion»;
- que «ce sont ces particules solides qui provoquent l'opacité des fumées» et qui, en se déposant sur les masques des ARI, abaissent encore la visibilité des intervenants.

Il précise aussi que:

- «Le polystyrène donne une importante fumée noire»,
- «Le PVC donne une fumée noire»,
- «Le polyester donne une fumée noire moins abondante»,
- «Le caoutchouc naturel et les caoutchoucs synthétiques brûlent en donnant une très importante fumée noire».



# Les fumées

## La vitesse de production

Dans un incendie, la production des fumées est immédiate et précède toujours les effets thermiques. Elle résulte de cinq phénomènes: la vaporisation, la distillation, la décomposition, la pyrolyse et la combustion. Leur présentation ne nous semble pas indispensable, mais il doit cependant être indiqué que la pyrolyse des matériaux se poursuit même si l'oxygène de l'air manque, et qu'elle produit alors d'importants volumes de fumées et de suies qui peuvent conduire au redoutable phénomène de «backdraft» (voir bibliographie). Pour ce qui est de la vitesse de production des fumées, il peut être intéressant de donner quelques ordres de grandeur.

A titre d'exemple:

- un foyer de pneumatiques offrant une superficie enflammée de 9 m<sup>2</sup> produit 5400 m<sup>3</sup> de fumées en trois minutes, soit 30 m<sup>3</sup>/s,
- un foyer de 29 m<sup>3</sup> de bois produit 1350 m<sup>3</sup> de fumées en 2,5 minutes, soit 9 m<sup>3</sup>/s.

Par ailleurs, nous avons relevé des données portant sur les vitesses de production des fumées lors d'incendies de véhicules vides. Indiquons encore que les vitesses de production des fumées dépendent largement des matériaux impliqués. C'est ainsi qu'elles sont quatorze fois plus grandes pour un feu de polyuréthane que pour un feu de bois.

Tableau 2

### Vitesses de production des fumées pour des feux de véhicules vides

Type de véhicules	Vitesse de production des fumées en m <sup>3</sup> /s
Une ou deux voitures légères	20 à 40
1 poids lourd ou un bus	60 à 90



# Les fumées

## La toxicité des fumées

Les composés gazeux constituant les fumées peuvent être séparés en deux grandes classes de base:

- les gaz asphyxiants, voire même toxiques,
- les gaz irritants.

Nous ne nous intéresserons qu'aux gaz asphyxiants et/ou toxiques, capables de provoquer une atteinte des voies respiratoires conduisant à la mort quasi certaine des personnes qui les auront respirés. Naturellement, cela vaut aussi bien pour les victimes directes des incendies que pour les victimes indirectes, parmi lesquelles peuvent se trouver les sapeurs-pompiers qui auraient été amenés à intervenir sans être équipés de moyens de protection adaptés (ARI). Contrairement à une idée reçue, ces gaz asphyxiants et/ou toxiques ne sont pas très nombreux. La plupart des auteurs les limitent en effet au CO, au CO<sub>2</sub>, au HCN, à l'HCl, aux NOx, à l'acroléine et aux formaldéhydes. Nous nous arrêterons simplement sur les cinq premiers cités, car l'étude de quelques titres permet d'en rattacher la production aux principaux matériaux qui alimentent la plupart des incendies conventionnels.

Tableau 3  
**Principaux gaz toxiques produits par la combustion des matériaux alimentant la plupart des incendies conventionnels**

Matériaux	CO <sub>2</sub>	CO	HCN	HCl	NOx
Polyéthylène	Oui	Oui			
PVC	Oui	Oui		Oui	
Polyuréthane	Oui	Oui	Oui		Oui
Papier	Oui	Oui			
Hydrocarbures	Oui	Oui			
Caoutchouc	Oui	Oui			



# Les fumées

## L'oxyde de carbone (CO)

L'oxyde de carbone est un gaz asphyxiant très dangereux dont les concentrations toxiques ont un effet immédiat. Elles peuvent provoquer l'inconscience en quelques instants.

Tableau 4  
**Effets du CO sur l'homme**  
Durée de l'exposition en minutes.

Taux de CO (ppm)	Maux de tête	Perte de conscience	Décès
1000	15	30	60
2000	10	20	45
6000			10 à 15
12000			2

## L'acide cyanhydrique (HCN)

L'acide cyanhydrique (HCN) est un produit particulièrement toxique. Gênant à 20 ppm, sa concentration devient mortelle lorsqu'elle s'établit à des valeurs comprises entre 100 et 200 ppm.

Tableau 5  
**Effets de l'acide cyanhydrique (HCN) sur l'homme**

Concentration en HCN (ppm)	Symptômes
0,2 à 5	Seuil de l'odeur
10	Limite admissible pour une exposition de huit heures
20 à 35	Maux de tête après quelques heures
45 à 55	Toléré pendant 30 minutes sans problème
100	Mort en 1 heure
180	Mort en 10 minutes
280	Mort immédiate





## Les fumées

### Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)

Le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) offre des concentrations dangereuses lorsque son pourcentage par volume d'air est de l'ordre de 10%. Il conduit aussi à une accélération du rythme respiratoire, favorisant l'inhalation des autres gaz toxiques présents dans l'environnement et joue alors le rôle de «catalyseur d'asphyxie».

Tableau 6  
Effets du CO<sub>2</sub> sur l'homme

Taux de CO <sub>2</sub> En pourcentage par volume d'air.	Perte de conscience Durée de l'exposition en minutes.
10	30
12	5
15	1

### Le gaz chlorhydrique (HCl)

Le gaz chlorhydrique (HCl), irritant, toxique et corrosif, est susceptible de provoquer la mort par oedème aigu du poumon. A titre d'exemple, indiquons que cent kg de PVC peuvent libérer plus de 57 kg de HCl, représentant 35000 litres de gaz pur. Certains auteurs expliquent que le seuil d'irritation du HCl est bien plus bas que son seuil de toxicité. Détecté avant d'être toxique, il pourrait autoriser la fuite des victimes vers un milieu sain.

Tableau 7  
Effets du gaz chlorhydrique (HCl) sur l'homme

Concentration en HCl (ppm)	Symptômes
1 à 5	Seuil de l'odeur
10	Légère irritation des muqueuses
50 à 100	Irritation de la gorge
1 000 à 2 000	Danger d'oedème aigu du poumon après une exposition de 30 minutes.



# Les fumées

## Les oxydes d'azote (NOx)

Les oxydes d'azote (NOx) se résument principalement à NO et NO<sub>2</sub> qui peuvent conduire à la formation d'acide nitreux et/ou d'acide nitrique susceptible(s) de conduire à des oedèmes pulmonaires. Le NO<sub>2</sub> reste le plus dangereux.

Tableau 8  
**Effets de l'oxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur l'homme**

Concentration en NO <sub>2</sub> (ppm)	Symptômes
20 à 50	Irritant
60	Dangereux pour 2 à 3 heures
90	Oedème pulmonaire après 30 minutes
250	Mortel en quelques minutes

## Les effets cumulés

Il faut aussi indiquer que les effets des gaz toxiques se cumulent et rappeler que l'inspiration de quantités anormales de CO<sub>2</sub> génère une surventilation conduisant à accélérer les effets des autres gaz toxiques. Plusieurs auteurs indiquent que la production de certains gaz toxiques dépend des températures de combustion. Cela vaut par exemple pour la combustion du polyuréthane, pour le HCN et le CO.

Tableau 9  
**Production de HCN et de CO en fonction des températures de combustion du polyuréthane**  
Grammes de CO et de HCN produits par kilogramme de polyuréthane brûlé.

Température	CO	HCN
400 °C	177,8	3
500 °C	363,4	8,4
600 °C	428,7	16,6
650 °C	0	0

Une lecture simple des données proposées par le tableau 9 montre une disparition du CO et du HCN à partir de 650 °C. Celui qui avancerait alors une diminution de la toxicité des fumées aurait sans aucun doute raison, mais il ne faut pas oublier qu'à la température citée, la survie de toutes les espèces vivantes est depuis longtemps interdite...



# Les fumées

## Deux cas particuliers

Les mousses de polyuréthane et les matières plastiques sont présentes dans tous les incendies conventionnels, où elles jouent un rôle majeur et incontestable dans l'installation d'un environnement hautement toxique. Sans entrer dans les détails, il nous semble utile de citer quelques publications permettant de confirmer ce rôle. Selon P. Reynaërt (cf. bibliographie) «un kg de polyuréthane (selon ses caractéristiques) libère en se consumant de 10 à 30 litres d'acide cyanhydrique». D'après S. de Nançay, «les mousses de polyuréthanes (...) brûlent facilement et rapidement sans que l'inflammation s'arrête si la flamme d'apport s'éloigne: elles crépitent sous la flamme, avec forte émission de fumée âcre, jaunâtre ou noire (...), leur combustion donne lieu à un important dégagement de CO, de CO<sub>2</sub> et d'HCN». Selon I. Deloffre, «l'inhalation de fumées provoque le décès de nombreuses victimes au cours des incendies, mais la nature des gaz toxiques responsables de ces décès reste encore discutée. En dehors du monoxyde de carbone, les cyanures pourraient jouer un rôle important. En effet, la dégradation thermique de nombreux matériaux (...) synthétiques – en particulier le polyuréthane – contenant de l'azote, peut produire des concentrations toxiques de cyanures». Toujours d'après le même auteur, «les résultats des études cliniques sur l'importance des concentrations sanguines de cyanures chez les victimes d'incendie sont contradictoires; or, les cyanures disparaissent rapidement du sang et les prélèvements sanguins sont souvent obtenus après un délai de plusieurs heures par rapport au moment de l'exposition».



# Les fumées

## Inhalation de fumées

Les victimes d'incendie sont exposées à la triple menace d'une agression thermique, d'une intoxication par les fumées dégagées et d'un traumatisme. Chaque blessure peut se présenter de façon indépendante l'une de l'autre, mais leur association, spécialement celle de l'inhalation de fumée et de brûlures, augmente de façon très importante la mortalité des victimes d'incendie.

L'inhalation de fumée est la cause principale de morbidité et de mortalité chez les victimes d'incendie. Presque deux tiers des décès par incendie sont recensés hors de l'endroit même où se trouve l'incendie, et sont le résultat direct de l'agression des fumées plutôt que des flammes.

Les incendies domestiques sont les principaux pourvoyeurs de décès. Viennent ensuite les incendies d'engins à moteur, les incendies d'avion, ou ceux survenant sur un site industriel qui sont parmi les moins fréquents.

L'environnement domestique est toujours complexe et même des incendies courants tels que ceux résultant d'ignition ou combustion lente de matelas, de literie, de canapé ou de chaises impliquent des matériaux très divers. A l'heure actuelle, une seule étude clinique a été menée pour étudier les corrélations entre d'une part le type d'incendie et les matières impliquées dans l'incendie, et d'autre part les niveaux de carboxyhémoglobine et les concentrations sanguines de cyanure. Cependant, ni le type d'incendie, ni les matières brûlées n'ont pu être déterminées comme éléments prédictifs des niveaux de carboxyhémoglobine ou des concentrations de cyanure.

Les effluents d'incendie sont toujours un mélange complexe de composants solides, liquides et gazeux que l'on peut classer selon leurs propriétés asphyxiantes ou irritantes. L'exposition de victimes à un incendie est responsable de deux syndromes : La privation d'oxygène et l'inhalation de gaz asphyxiants ( $CO_2$ ,  $CO$ ,  $HCN$ ) entraînent des perturbations au niveau neurologique, métabolique et cardiovasculaire. Les gaz irritants entraînent une agression chimique des yeux, de la gorge, des voies aériennes et du parenchyme pulmonaire.

### **Evaluation précoce des dangers toxiques chez les victimes d'incendie**

Nombreuses sont les victimes d'incendie qui n'accèdent pas au système de soins hospitaliers. En effet la plupart des décès surviennent dans la phase préhospitalière. Dans une étude concernant 437 décès après incendie, 322 victimes étaient mortes sur les lieux même de l'incendie.

Il est difficile pour l'équipe de premier secours de distinguer clairement les quelques victimes sévèrement intoxiquées des autres légèrement exposées à la fumée. La première tâche du médecin est de trier les victimes en trois catégories principales et d'en planifier la gestion en fonction des blessures et de leur gravité :

**Les patients nécessitant un traitement rapide** de lésions mettant en jeu le pronostic vital immédiat.

**Les patients symptomatiques** mais ne présentant pas de défaillance apparente d'organes vitaux

**Les patients asymptomatiques** qui n'ont été que légèrement ou pas du tout exposés à la fumée.



## Les fumées

L'interrogatoire initial de la victime, comme du responsable d'unité des Sapeurs-Pompier, est d'une importance primordiale. Souvent il n'existe pas d'autre témoin que la victime elle-même, et les SP sont souvent les seuls à pouvoir donner des renseignements, a fortiori lorsque la victime est inconsciente. Le paramètre le plus fiable et le plus utile concernant les circonstances de l'incendie est de savoir si la victime était exposée dans un environnement clos et enfumé. L'utilisation d'imprimés pour la collecte sur le terrain des données circonstancielles et des premiers signes cliniques est très utile compte tenu des difficultés de cette évaluation, a posteriori, des symptômes initiaux.

### **La privation d'oxygène et l'inhalation de gaz asphyxiants**

Pendant la combustion active, la concentration en oxygène d'un incendie peut diminuer à 15 ou 10%, situations où l'asphyxie peut survenir avant même l'inhalation d'une dose mortelle de produits toxiques. Les signes et les symptômes induits par la privation d'oxygène et l'inhalation de gaz asphyxiants ( $CO$ ,  $CO^2$ ,  $HCN$ ) se ressemblent de façon telle qu'il peut paraître très hasardeux de prédire correctement quelle est la cause exacte responsable de l'état du patient. Nous avons proposé d'inclure ces signes et symptômes dans **"le syndrome d'inhalation de gaz asphyxiant et de privation d'oxygène"**. Nous classons dans ce syndrome tout patient présentant des perturbations neurologiques ou cardio-vasculaires suite à une exposition, dans un espace clos, à des effluents d'incendie.

### **Les perturbations neurologiques**

Les perturbations neurologiques induites par les gaz asphyxiants incluent : céphalées, vomissements, vertiges, confusion mentale, convulsions, pertes de connaissance transitoires et coma.

Ce diagnostic devrait d'ailleurs être évoquée chez tous les patients présentant des perturbations comportementales ou des anomalies du rythme respiratoire. Nombreux sont les individus qui reprennent connaissance après dégagement de la zone de l'incendie et après administration d'oxygène. Le niveau de conscience, non à l'heure de l'hospitalisation mais lors de l'évacuation de l'incendie, est donc une indication importante quant à l'existence d'une inhalation grave de fumée. La chronologie exacte des troubles de la conscience est essentielle et primordiale, et cette information doit être transférée avec le patient au service des urgences. Des perturbations comportementales aiguës telle qu'une désorientation, un comportement agressif et une panique peuvent être très subtiles à percevoir. Il faut tenir compte, aussi, de la difficulté d'une évaluation correcte de l'état mental des victimes dans un lieu destiné à traiter des urgences, qui est toujours, par lui même, agressif et perturbant. Des perturbations neurologiques peuvent, bien sûr, être le résultat d'une intoxication alcoolique ou médicamenteuse, mais toute altération neuropsychiatrique survenant chez des victimes d'incendie doit être considérée comme une encéphalopathie anoxique potentielle.

### **Les perturbations cardio-vasculaires**

Des gaz asphyxiants peuvent induire une angine de poitrine, un infarctus du myocarde, une arythmie, une hypotension et même un arrêt cardio-respiratoire.



# Les fumées

## L'exposition aux gaz irritants

L'examen physique initial doit être conduit de façon systématique et comporter l'examen des trois niveaux anatomiques pouvant présenter des lésions.

**Les voies aériennes supérieures.**

**Les voies aériennes inférieures.**

**Les petites bronches et le parenchyme pulmonaire.**

L'atteinte de chacune de ces différentes zones anatomiques est en relation avec différents types de complications. Un patient présentant une lésion des voies aériennes supérieures peut développer à tout moment une asphyxie aiguë. Un patient atteint au niveau des voies respiratoires inférieures pourra développer une broncho-pneumonie. Ceux qui évoluent vers le syndrome de détresse respiratoire aiguë présentent probablement une lésion des bronchioles ou du parenchyme. Le diagnostic d'inhalation de fumée est cliniquement évident pour des patients présentant une obstruction aiguë des voies respiratoires, ou une insuffisance respiratoire de survenue subite, après une exposition à de la fumée. La plupart du temps ces patients ne nécessitent pas d'examens complémentaires spécialisés, pour confirmer le diagnostic. Ils ont essentiellement besoin d'un traitement rapide et efficace. Pour les patients, par contre, présentant une simple suspicion clinique d'inhalation, le diagnostic est difficile à confirmer même avec des tests sophistiqués.

## Lésions des yeux

Une irritation conjonctivale est souvent observée chez les victimes d'incendie. Ce signe doit évoquer la possibilité d'une exposition à des gaz irritants surtout chez des individus sans brûlures.

## Atteinte des voies aériennes supérieures

La plus grave complication immédiate d'une inhalation de fumée ou d'un traumatisme thermique est l'asphyxie par obstruction. Un stridor, une voix rauque, et / ou des difficultés phonatoires suggèrent fortement une lésion des voies aériennes supérieures (*tandis que des sibilants évoquent plutôt une obstruction spastique des voies aériennes inférieures*). Ces signes imposent une évaluation rapide de l'état des voies aériennes supérieures, car une asphyxie brutale, due à leur obstruction, peut survenir, même plusieurs heures après l'exposition aux fumées. L'examen soigneux de la face, du nez et de l'oropharynx est extrêmement important, il recherchera, des brûlures autour de la bouche, des vibrisses brûlés et des dépôts de suie sur les muqueuses oro-pharyngées.

## Atteinte des voies aériennes basses et du parenchyme pulmonaire

Les signes les plus courants d'une inhalation de fumée sont la dyspnée et la toux. L'expectoration carbonée, et la tachypnée sont des symptômes fréquents. Des anomalies à l'auscultation, même légères, doivent, aussi, faire évoquer l'inhalation de fumée, et l'on notera : ronchi, sibilants ou râles fins. L'inhalation de fumée peut être responsable de l'apparition d'un œdème pulmonaire, immédiat ou retardé, jusqu'à une semaine après l'inhalation.

Habituellement, les victimes d'incendie symptomatiques s'améliorent après évacuation de l'ambiance toxique et administration d'oxygène. L'équipe médicale doit, cependant, être consciente que l'amélioration initiale n'est pas synonyme de récupération. Une amélioration clinique ne doit jamais retarder l'évacuation vers un milieu hospitalier. Il n'est pas possible d'exclure, a priori, la survenue tardive d'une défaillance respiratoire. Il faut souligner le fait que l'oxymétrie de pouls n'est pas fiable en matière de monitoring des victimes d'incendie car elle est incapable de différencier l'oxyhémoglobine de la



## Les fumées

carboxyhémoglobine (*HbCO*). Une SpO<sub>2</sub> (oxymétrie de pouls) basse indique cependant toujours une hypoxémie sévère chez ces patients. Les meilleurs indicateurs cliniques d'inhalation de fumée sont la notion d'une exposition à la fumée en espace clos, l'altération du niveau de conscience et l'expectoration carbonée. Il n'y a cependant aucune corrélation directe entre la quantité de dépôt de suie et les lésions pulmonaires, et inversement l'absence d'expectoration carbonée à l'examen initial n'exclut pas l'inhalation de fumée. La mesure du débit de pointe (*peak flow*) en préhospitalier pourrait être intéressante pour appréhender l'évolution clinique. Il faut cependant encore déterminer, par des travaux cliniques, si cette mesure sur le terrain est suffisante comme évaluation initiale de l'inhalation de fumée.

En ce qui concerne les moyens d'exploration de ces patients, des équipes ont cherché, à évaluer si la valeur du taux de carboxyhémoglobine pouvait servir à déterminer les patients à haut risque. Ils ont exploré l'intérêt d'une mesure du taux d'oxyde de carbone dans l'air expiré. Pour des patients suspects d'une intoxication au CO, Mols et son équipe ont étudié les corrélations entre les niveaux de carboxyhémoglobine et les niveaux de monoxyde mesurés dans l'air expiré. La sensibilité, la spécificité et la précision des mesures de CO faites au niveau de l'air expiré pour les niveaux de carboxyhémoglobine supérieurs à 15% étaient respectivement de 87,5%, 100%, et 93%, et pour des niveaux d'HbCO supérieurs à 20% ces mêmes items étaient de 88%, 93 et 91%.

L'examen physique d'une victime d'incendie doit aussi comporter deux prises de sang sur tube hépariné. L'idéal serait de prélever ces échantillons avant tout traitement antidote. Ils permettront l'évaluation initiale des taux d'oxyde de carbone et de cyanure.

Chez des victimes d'incendie sans brûlure cutanée, la durée de séjour moyen en réanimation est toujours plus longue pour les patients présentant des dépôts de suie au niveau de l'oropharynx, une dysphonie ou des ronchi à l'examen initial, ou encore nécessitant des broncho-dilatateurs pendant plus de 24 heures. Notons que la positivité de l'analyse bactériologique des crachats suggérerait qu'un certain nombre de patients considérés comme **"intoxiqués par des fumées"** puissent, en fait avoir été victimes d'une pneumonie d'inhalation, non spécifique chez les patients comateux. Il existe en effet une corrélation entre la positivité de l'analyse biologique et la présence de dysphonie, de ronchi et la nécessité d'une intubation précoce. Précisons que l'examen de la première radiographie pulmonaire est un mauvais facteur prédictif de lésion pulmonaire dans toutes les séries rapportées sur les victimes d'incendie nécessitant une assistance respiratoire. Il n'y a pas, non plus, de corrélation entre la radiographie pulmonaire au moment de l'hospitalisation et la durée moyenne de ventilation artificielle, ou une analyse trachéale bactériologique positive. La durée moyenne de ventilation mécanique était plus élevée chez les victimes d'incendie présentant des ronchi ou des concentrations sanguines de monoxyde de carbone hautes, mais non chez des victimes d'incendie ayant une concentration sanguine de cyanure élevée. De même, chez 13 victimes d'incendie, le suivi des patients jusqu'à trois mois a mis en évidence une forte corrélation entre une concentration élevée de carboxyhémoglobine et l'altération de la conductance initiale spécifique des voies respiratoires .

### L'oxygénothérapie

Une oxygénothérapie à fort débit doit être administrée au plus tôt aux personnes soupçonnées d'être des victimes d'incendie. Cette oxygénothérapie est parfois difficile à mettre en œuvre lors de troubles aigus du comportement.



# Les fumées

## L'antidote n°1 chez les victimes d'incendie

Une inhalation de fumée doit toujours être considérée comme une poly-intoxication. Le premier antidote devant être utilisé immédiatement chez des patients symptomatiques est l'oxygène. C'est l'antidote majeur des gaz asphyxiants, cyanure inclus.

## Le transfert des victimes d'incendie

Il faut évacuer les patients ayant présenté une inhalation de fumée évidente, mais sans brûlures, vers un centre de réanimation adapté à leur état. Il faut hospitaliser tous les patients a symptomatiques après exposition à la fumée pour les surveiller, compte tenu du fait qu'il peut exister une période de latence de 12 à 48 heures entre l'agression et la survenue des signes. Si les patients refusent l'hospitalisation, il faut les prévenir de la possibilité d'une expression tardive des lésions, et de l'importance d'une hospitalisation immédiate si des signes apparaissent. Il faut surveiller de près les patients sans symptômes ayant des antécédents de maladie pulmonaire obstructive pour vérifier qu'ils ne font pas une apnée pendant l'oxygénothérapie. Un asthme peut être exacerbé par des gaz irritants. Il faut mettre en observation les patients avec des antécédents cardiaques, même sans symptômes. Il faut hospitaliser les femmes enceintes, et évaluer l'intérêt d'une oxygénothérapie hyperbare. Les Sapeurs Pompiers et sauveteurs se plaignant de douleurs thoraciques, ou de maux de gorge, doivent être placés en observation 24 heures.





# Les fumées

## En conclusion

A l'évidence même, les fumées d'incendie sont fortement toxiques. Il convient donc de s'en protéger. Pour cela, les sapeurs-pompiers se munissent d'ARI à «circuit ouvert» et d'ARI à «circuit fermé». Dans la deuxième partie, nous montrerons que les avantages présentés par les premiers cités conduisent à l'abandon des autres. Les sapeurs-pompiers peuvent aussi disposer de caméras thermiques, indispensable complément aux ARI. Pour ce qui est des personnes directement impliquées, il existe aussi des moyens de protection passifs, dont nous présenterons quelques exemples.

### La toxicité des fumées

**Depuis une trentaine d'années seulement, on connaît la part importante dévolue à la toxicité des fumées d'incendies : tous les relevés statistiques américains, anglais, japonais et français indiquent que l'intoxication par les fumées est la première cause de décès lors des incendies.**

Comment ne pas évoquer ici les victimes des multiples incendies des grands magasins parisiens survenus au cours du 19<sup>ème</sup> et au début du 20<sup>ème</sup> siècle. Plus de 200 gaz toxiques ont été répertoriés lors des incendies d'habitation! Bien que les plastiques soient les plus dangereux, laine et bois sont aussi toxiques à cause de leur masse : la laine produit 200 ppm de cyanure par gramme.

**La fumée est l'ensemble des produits gazeux et des particules qui se dégagent d'un corps en combustion ou porté à haute température.** L'intoxication par les fumées est une triple agression à la fois **thermique, physique et chimique**. Cette triple agression est d'autant plus délétère qu'il existe automatiquement un manque d'oxygène. En effet, la déplétion en O<sup>2</sup> est secondaire à l'oxydation vive qu'est le feu ; le taux d'oxygène baisse dans les proportions d'autant plus importantes que la surface d'incendie est grande, que l'incendie se développe en atmosphère non ou difficilement renouvelable ; c'est ainsi que le feu en appartement, dans une pièce, dans une cave ou dans un local fermé contribue le plus à la diminution la plus rapide du taux d'oxygène de 21% à moins de 6%, concentration à partir de laquelle la mort est inévitable ; à partir de 21%, l'inconscience est de règle.

### Agression thermique

Lors des incendies, l'agression thermique est responsable de lésions par brûlures qui s'étendent à tout l'arbre aérien. Ceci est dû à l'inhalation de vapeurs d'air chaud.

### Agression particulière

Les fumées d'incendie véhiculent des particules incandescentes appelées suies, formant un véritable aérosol de particules solides ; ces particules sont inhalées par l'appareil respiratoire et engendrent non seulement une obstruction de l'arbre pulmonaire, un renforcement de l'agression thermique, mais également un effet toxique du fait de leur caractère caustique (qui attaque les tissus organiques).

### Agression Chimique

Les fumées d'incendie véhiculent une multitude de gaz toxiques à l'origine d'une intoxication générale.

### Le monoxyde de carbone (CO)

Historiquement, il est le premier reconnu, la production de CO est constante dans tous les incendies, c'est un produit obligatoire de toutes les combustions incomplètes.

Sa toxicité est bien connue : il empêche la fixation de l'O<sup>2</sup> sur l'hémoglobine qui est le transporteur de l'oxygène aux cellules. De plus, le CO se fixe sur la myoglobine



## Les fumées

contenue dans les muscles, ce qui explique son rôle incapacitant. **La diminution de la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine est de l'ordre de 50% s'il y a 0,84% de CO dans l'air.** Le monoxyde de Carbone est considéré comme **responsable du tiers des décès** par inhalation des fumées. Il a été démontré une relation étroite entre le taux de carboxyhémoglobine et le degré d'intoxication totale, ce qui en fait un indicateur précieux.

Composé voisin du monoxyde de Carbone, le **DIOXYDE DE CARBONE** également retrouvé dans les fumées d'incendie. Outre sa toxicité propre (narcose), il entraîne une augmentation du rythme respiratoire, facilitant ainsi la pénétration pulmonaire d'autres toxiques.

### L'acide cyanhydrique

Ce gaz hautement toxique est de connaissance plus récente et de nombreux décès précoces peuvent lui être attribués. Toutefois, l'intoxication est réversible si le traitement est entrepris assez rapidement, d'où l'intérêt de disposer de l'antidote (Cyanokit) sur les lieux d'intervention. L'origine de sa production est la combustion des matériaux plastiques : Polyamide, Polyuréthane, Polyacrylonitrile, Copolymère (Acrylonitrile Butadiène Styrène). **Ce gaz asphyxiant agit par blocage de l'utilisation de l'oxygène au niveau cellulaire** bloquant ainsi la respiration cellulaire : les tissus cellulaires sont incapables d'utiliser l'oxygène, même quand il est apporté en quantité normale.

### Les autres gaz

Il s'agit d'une liste non exhaustive. L'étude particulière de chacun de ces gaz n'a aucun intérêt pratique dans la prise en charge pré hospitalière. Certains de ces gaz ont une action toxique sur les muqueuses pulmonaires et oculaires en particulier sont responsables de lésions de fibrose pulmonaire et d'atteinte irritative oculaire. D'autres ont une toxicité générale sans toxicité pulmonaire.

## Sources d'informations

Lt-Colonel Schmauch, membre de la commission technique fédérale. SPMag 921 février 2001 – France

Professeur Frédéric BAUD, Réanimation médicale et toxicologique, Hôpital Lariboisière, Université Paris VII

**Notification** : Bien que ce document ait été élaboré avec soin à partir de sources reconnues comme fiables, SWISS FIREFIGHTERS, ses administrateurs, son personnel ainsi que les personnes et organismes qui ont collaboré à cette élaboration n'assument aucune responsabilité concernant ce document. Dans le cas où il y apparaîtrait la mention d'un produit ou d'un service, cette mention ne doit pas être interprétée comme une adhésion de SWISS FIREFIGHTERS, de ses administrateurs, de son personnel ou de tout collaborateur individuel ou corporatif, ni comme leur recommandation de tel produit ou de tel service.

---

Auteur : David CUTTELOD

Internet : [www.swiss-firefighters.ch](http://www.swiss-firefighters.ch) Page 18 sur 17

e-mail : [info@swiss-firefighters.ch](mailto:info@swiss-firefighters.ch)