

L'USINE NOUVELLE

Nichan Margossian

Aide-mémoire

Risque chimique

2^e édition



DUNOD

Nichan Margossian

Aide-mémoire

**Risque
chimique**

2^e édition

L'USINENOUVELLE

DUNOD

Du même auteur

Risques et accidents industriels majeurs, Dunod, 2006.

Risques professionnels, Dunod, 2^e édition, 2006.

Entreprises et sécurité du travail, Publibook, 2004.

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2002, 2007

ISBN 978-2-10-050865-5

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	1
---------------------	----------

A

Notions de base

1 • Notions de risques	7
1.1 Généralités	7
1.2 Risques industriels : accidents industriels majeurs	9
1.3 Risques professionnels : accidents du travail et maladies professionnelles	16
1.4 Risques de la vie courante	25
2 • Réglementation	29
2.1 Généralités et réglementation REACH	29
2.2 Réglementation en matière de risques industriels majeurs	37
2.3 Législation du travail	46
2.4 Législation des risques de la vie courante	70

3 • Les risques chimiques	75
3.1 Généralités	75
3.2 Classification des risques chimiques	78
3.3 Principaux paramètres agissant sur les risques chimiques	83
4 • Le risque d'intoxication	89
4.1 Définitions	89
4.2 Processus d'intoxication	91
4.3 Intoxications et maladies professionnelles	99
4.4 Concentrations limites des substances toxiques dans l'air	113
4.5 Pollution de l'environnement	120
4.6 Principaux produits chimiques industriels dangereux	122
5 • Les réactions dangereuses et le risque d'incendie-explosion	131
5.1 Réactions chimiques dangereuses	131
5.2 Risque d'incendie-explosion	139
5.3 Réglementation	150

B

Prévention du risque chimique

6 • La détection et l'évaluation des risques chimiques	155
6.1 Généralités	155
6.2 Acquisition des connaissances au niveau de la conception et des décisions	156
6.3 Acquisition des connaissances en cours de fonctionnement	179
6.4 Exploitation des informations recueillies	184

7 • La prévention des risques professionnels	187
7.1 Aspect réglementaire de la prévention	187
7.2 Règles de base de la prévention technique	188
7.3 Prévention collective	189
7.4 Équipements de protection individuelle	210
7.5 Interventions d'urgence après un accident ou une maladie	215
8 • La prévention des risques industriels majeurs	217
8.1 Aspect réglementaire de la prévention	217
8.2 Règles de base de la prévention technique	218
8.3 Interventions après l'accident	225
9 • Applications pratiques	229
9.1 Industries chimiques et parachimiques	230
9.2 Industries mécaniques et métallurgiques	236
9.3 Bâtiments et travaux publics	242
9.4 Autres activités	244
10 • Les risques chimiques dans l'environnement	253
10.1 Pollution de l'environnement	255
10.2 Prévention et dépollution	259
Conclusion	273
Bibliographie	277
Adresses utiles	283
Index	285

AVANT-PROPOS

Les produits chimiques envahissent progressivement l'environnement quotidien : vie professionnelle, vie privée, loisirs, etc. On les rencontre dans les habitations (produits de nettoyage, médicaments, produits de beauté, etc.), les lieux de travail (bureaux ou ateliers de fabrication), les lieux de loisirs (vacances, tourisme, bricolage).

Utilisés dans de bonnes conditions, ces produits chimiques apportent bienfaits et santé ; ils facilitent la vie de tous les jours et sont devenus indispensables pour chacun. Dans le domaine des activités professionnelles, ces produits rendent possible la mise en œuvre de nombreuses techniques, facilitent des opérations diverses et réduisent souvent l'effort humain. Grâce aux produits chimiques, des millions de personnes travaillent, produisent et consomment des biens nécessaires à la vie.

Par contre, mal utilisés, sans précaution élémentaire ou spéciale, un grand nombre de produits chimiques peuvent devenir dangereux et sont à l'origine d'accidents et de maladies. Rejetés dans la nature sans précaution ni traitements, ils polluent l'environnement et rompent l'équilibre naturel indispensable au développement de la vie sur terre, dans l'eau et l'air.

Actuellement, les quelques millions de substances chimiques produites et consommées par le monde sont à la fois utiles voire indispensables à la vie et dangereuses si elles sont mal utilisées, sans précaution.

Les risques chimiques sont à l'origine de nombreux accidents et d'un nombre élevé d'incidents souvent mineurs. Certains de ces accidents sont de véritables catastrophes (Seveso, Bophal, Feyzin, Toulouse), qui ont causé un grand nombre de victimes et qui ont eu un retentissement mondial. D'autres accidents plus modestes sont peu connus du grand public, car n'ayant entraîné qu'un petit nombre de victimes et des dégâts limités.

Si les premiers s'expliquent par l'existence de risques chimiques industriels, les seconds appartiennent essentiellement à la catégorie des risques profes-

sionnels, beaucoup plus nombreux mais peu médiatisés ; ils sont à l'origine d'intoxications accidentelles, de maladies professionnelles, d'incendies et d'explosions, etc. dont sont victimes des dizaines de milliers de salariés dans tous les pays avec des conséquences souvent fâcheuses tant au niveau social que familial.

Les risques professionnels ne se limitent pas aux risques industriels. Ils comprennent également les situations dangereuses rencontrées dans des activités professionnelles non industrielles, telles que des activités de bureau, de commerce, de service (transports). Le risque chimique industriel n'est donc qu'un des volets des risques professionnels, même s'il est le plus important tant par son étendue que par ses conséquences. Par contre, les accidents industriels majeurs, c'est-à-dire les plus graves, sont tous d'origine chimique. Les risques chimiques sont également présents dans la vie courante, chez soi ou lors des loisirs et du bricolage.

Les risques chimiques sont susceptibles d'être réduits, voire même supprimés, moyennant quelques précautions et la mise en place de mesures préventives adaptées, dont la plupart sont connues et efficaces. Il existe toujours une ou plusieurs solutions pour réduire ou même supprimer les risques chimiques quelles que soient leur nature, leur importance et leur gravité. La technologie actuelle répond parfaitement à cet objectif.

Cet ouvrage traite d'une façon générale des risques chimiques (intoxications et incendies-explosions) rencontrés lors des activités professionnelles, dans les différents secteurs de l'industrie (production, stockage, transports).

L'ouvrage se compose de deux parties à peu près équivalentes par leur importance et qui se complètent. La succession des chapitres suit un ordre logique permettant au lecteur d'appréhender le risque chimique et les mesures de prévention qui s'imposent.

La première partie traite des risques chimiques en général, à la fois industriels, professionnels et domestiques. Elle regroupe les chapitres 1 à 5.

Le premier chapitre définit les différents risques et leurs conséquences, les accidents et les pathologies, et donne les résultats statistiques qui permettent d'avoir une idée de leur importance.

Le chapitre 2 est consacré à la législation et à la réglementation en matière de risques industriels et professionnels d'origine chimique.

Avec le chapitre 3, le lecteur aborde les risques chimiques proprement dits, avec leurs caractéristiques et leurs manifestations qui sont essentiellement les risques d'intoxication et d'incendie-explosion.

Le chapitre 4 traite exclusivement des risques d'intoxication par les produits chimiques dangereux, les mécanismes d'intoxication, les différentes manifes-

tations que sont l'intoxication accidentelle et l'intoxication chronique, cette dernière se manifestant sous forme de pathologies professionnelles.

Le chapitre 5 développe les différents aspects des réactions chimiques dangereuses et leur principale conséquence, le risque d'incendie-explosion, son mécanisme et ses suites.

La deuxième partie traite de la prévention des risques chimiques, en insistant surtout sur l'aspect pratique des risques industriels et professionnels. Cette partie intéresse plus particulièrement tous ceux qui sont concernés par les problèmes de sécurité liés aux activités industrielles et professionnelles.

Le chapitre 6 concerne la détection et l'évaluation des risques chimiques, première étape de la prévention. Les différents aspects, réglementaires et techniques, sont évoqués.

Le chapitre 7 énonce les principes et les mesures générales techniques à mettre en œuvre pour supprimer les risques chimiques professionnels dans les entreprises. Les deux types de prévention, les mesures collectives et la protection individuelle, sont évoqués ainsi que les différentes solutions proposées pour permettre aux travailleurs d'exercer leurs activités professionnelles en toute sécurité.

Le chapitre 8 est entièrement consacré à la prévention des risques industriels majeurs à mettre en œuvre avant toute implantation d'installations dangereuses ainsi qu'aux mesures à mettre en place en cas d'accident, au niveau de l'organisation des secours et des interventions des pouvoirs publics.

Le chapitre 9 est l'application pratique sur le terrain des notions acquises précédemment ; il passe en revue les différentes activités industrielles faisant largement appel aux produits chimiques dangereux et les mesures de prévention adaptées aux postes de travail. À la fin de ce chapitre, trois situations particulières où les risques chimiques sont omniprésents sont évoquées. Il s'agit des activités de bureau qui mettent en œuvre de nombreux produits chimiques, les laboratoires industriels ou de recherche pure qui manipulent une foule de produits dont certains sont très toxiques, et les activités domestiques qui ne sont pas professionnelles mais qui font appel à de nombreux produits chimiques utilisés dans les industries avec des similitudes de risques, d'où l'intérêt de les évoquer rapidement ici, et de proposer un certain nombre de mesures de précaution.

Un dernier chapitre est consacré aux risques d'environnement qui sont pour la plupart d'origine chimique. Une partie de la pollution chimique de la nature est d'origine industrielle et il existe de nombreuses analogies entre les produits utilisés dans l'industrie et ceux qui polluent l'environnement. À côté des différents aspects de la pollution de la nature, il a été évoqué également le

transport des matières dangereuses et les accidents industriels majeurs, tous deux sources de pollutions.

Pour conclure, les perspectives d'avenir des risques chimiques et de leur prévention sont présentées avec les réserves qui s'imposent, car le futur dépend toujours de certains événements imprévus (découvertes toxicologiques, accidents majeurs ayant fait apparaître des risques imprévus, de nouveaux produits mis sur le marché, de nouvelles techniques mises en œuvre).

L'auteur a cherché surtout à passer en revue les différents aspects des risques chimiques et les mesures d'hygiène et de sécurité à mettre en œuvre, tout ceci dans un volume restreint, celui de l'aide-mémoire présent. Il en résulte que de nombreux aspects ont été simplement évoqués sans être approfondis (tels que les mécanismes d'intoxication et de combustion), alors que d'autres situations ont été développées. Certains mécanismes complexes, dont la connaissance est indispensable pour une meilleure compréhension des risques chimiques et la nécessité de les supprimer, ont été très simplifiés afin de les rendre accessibles à tous.

Le choix qui a guidé l'auteur est celui d'offrir aux lecteurs un ouvrage à la fois simple, clair et compréhensible, quelles que soient leurs formations et leurs expériences, afin de les aider dans le choix et la réalisation des mesures d'hygiène et de sécurité dans les entreprises.

Cet ouvrage s'adresse, en priorité, à tous ceux qui sont amenés à manipuler des produits chimiques ou encore qui se trouvent, volontairement ou accidentellement, en contact avec des substances chimiques plus ou moins nocives. Il s'adresse également, en plus des professionnels des différentes industries, toutes fonctions confondues, aux médecins en général (généralistes, médecins du travail), infirmiers, assistantes sociales, responsables et agents de sécurité, sapeurs-pompiers, secouristes du travail, etc. Ils y trouveront un certain nombre de renseignements utiles pour l'exercice de leur fonction, en ce qui concerne les risques chimiques et leur prévention.

A

Notions de base

1 • NOTIONS DE RISQUES

1.1 Généralités

Par risque, il faut entendre toute éventualité d'un événement futur, susceptible de causer généralement un dommage, une altération ; c'est donc la probabilité de l'existence d'une situation dangereuse, susceptible de conduire à un événement grave, par exemple un accident ou une maladie. Dans le mot risque, il y a toujours la notion de probabilité ; plus celle-ci est grande, plus le risque est important et plus l'événement dangereux pourrait être imminent et grave.

La notion de risque fait appel à celle de nuisance. Une nuisance est tout ce qui fait du tort, qui agresse, qui perturbe. C'est un produit ou un phénomène susceptible d'agresser l'homme et la nature en général (la flore et la faune), d'altérer leur fonctionnement, de perturber leur équilibre.

Bien que le terme nuisance soit surtout utilisé pour les produits chimiques et certains phénomènes physiques, il est possible d'affirmer qu'une nuisance engendre un risque.

Ainsi, le bruit est une nuisance sonore et engendre le risque de surdité ; l'homme exposé à des niveaux sonores élevés peut devenir sourd, d'ailleurs la surdité est l'une des maladies professionnelles les plus fréquentes. Le courant électrique, indispensable à la vie actuelle devient une nuisance car il engendre un risque d'électrisation ou d'électrocution. La circulation automobile engendre un risque de pollution par suite de dégagement de gaz et fumées toxiques (oxyde de carbone, dérivés de plomb) qui sont des nuisances chimiques et polluent l'atmosphère.

Toute activité humaine donne naissance à des nuisances qui se traduisent par des risques. Il est possible d'affirmer que toute forme de vie est accompagnée

de production de nuisances plus ou moins graves, susceptibles d'agir sur l'environnement.

Suivant l'origine et les caractéristiques des nuisances, il y a lieu de distinguer :

- les **risques industriels** notamment ceux qui sont à l'origine d'accidents majeurs, autrement dit ceux qui existent dans les entreprises classées Seveso. Ces risques peuvent se traduire par des accidents graves susceptibles de faire beaucoup de victimes, des dégâts matériels considérables et une importante pollution de l'environnement ;
- les **risques professionnels** qui donnent naissance à des accidents du travail et aux maladies professionnelles. Il s'agit de risques de faible importance et les conséquences sont limitées aux locaux de travail, ateliers, laboratoires, bureaux ainsi qu'aux salariés et travailleurs exposés ;
- les **risques de la vie courante** tels que les risques domestiques, les risques dus aux travaux de bricolage, aux loisirs, etc. Ce domaine de risques est très vaste, complexe et difficile à appréhender.

La différence essentielle entre ces trois catégories de risques reste l'ampleur des dégâts causés en cas d'accident ; les risques professionnels touchent seulement quelques personnes, les salariés travaillant à proximité des sources de danger ; les risques de la vie courante touchent le plus souvent une personne ; par contre, les risques industriels majeurs sont source d'accidents très graves, faisant un grand nombre de victimes, tant parmi les salariés présents que parmi la population alentour, et les dégâts matériels sont souvent considérables, comme à Toulouse en 2001.

Dans ce qui suit, l'accent sera mis plus particulièrement sur les risques professionnels qui sont bien connus et parfaitement cernés, tant par les techniques que par une importante législation et une réglementation du travail relativement complète. Les risques industriels seront évoqués ainsi que les risques de la vie courante, étant donné que l'essentiel des renseignements qui figurent pour le secteur professionnel s'applique aux risques industriels et aux risques de la vie courante d'origine chimique. D'ailleurs, ce sont souvent les mêmes produits qui sont à l'origine des différentes catégories de risques, et les mesures de prévention techniques sont voisines, pour ne pas dire similaires.

Les principales familles de risques professionnels sont les suivantes :

- les risques mécaniques : ils apparaissent chaque fois que l'homme utilise des outils ou des machines et appareils plus ou moins complexes. Ce sont les parties en mouvement rapide (rotations, translations verticales ou horizontales) qui sont à l'origine de coupures, piqûres, écrasements, déchirures,

traumatismes, etc. Les accidents sont très nombreux et de gravités très variables ;

- les risques physiques : ils ont pour origine des phénomènes physiques comme le bruit (surdité professionnelle), les vibrations (maladies osseuses et articulaires), les rayonnements ionisants (radioactivité : brûlures, cancers), les rayonnements thermiques (brûlures) ;
- les risques électriques tels que l'électrisation (sans conséquence grave) et l'électrocution (mortelle). Ils sont dus au contact avec des conducteurs non isolés, parcourus par un courant électrique ; pour tout courant dont la tension est supérieure à 50 V, le risque peut être grave ;
- les risques de circulation, nombreux et variés. Il s'agit essentiellement de glissades, chutes, heurts, chocs, fractures et blessures diverses lors des déplacements de plain-pied ou en dénivelés ;
- les risques de manutention : ils apparaissent essentiellement lors des opérations de manipulation et de manutention d'objets lourds et encombrants avec, pour conséquence, des accidents (lumbagos) ou des maladies professionnelles (troubles musculo-squelettiques) ;
- les risques dus aux mouvements répétitifs plus ou moins pénibles : ils sont à l'origine de troubles musculo-squelettiques, appelés TMS, considérés comme une maladie professionnelle ;
- les risques biologiques : il s'agit essentiellement d'infections suite à l'absorption de micro-organismes pathogènes (charbon, hépatite virale, etc.). Les risques d'infection accompagnent souvent les risques mécaniques (coupures mal soignées), les risques de circulation (blessures mal soignées), les risques chimiques (dermatoses) ;
- les risques chimiques qui seront étudiés en détail dans les chapitres suivants.

1.2 Risques industriels : accidents industriels majeurs

1.2.1 Définitions

À côté des risques naturels comme les tremblements de terre, les éruptions volcaniques, les raz de marée, les cyclones et les tempêtes, il existe des risques technologiques, par exemple les risques nucléaires, ceux dus aux barrages, à la

circulation routière et notamment les risques industriels qui existent dans un grand nombre d'usines et de dépôts divers.

Le Bureau international du travail (BIT) donne les définitions suivantes :

« L'expression **accident industriel majeur** désigne un événement inattendu et soudain, y compris en particulier une émission, un incendie ou une explosion de caractère majeur, dû à un développement anormal dans le déroulement d'une activité industrielle, entraînant un danger grave, immédiat ou différé, pour les travailleurs, la population ou l'environnement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation et mettant en jeu un ou plusieurs produits dangereux. »

« Le terme **danger** désigne une situation matérielle comportant un potentiel d'atteinte à l'intégrité physique des personnes, des dommages pour les biens ou l'environnement ou d'une combinaison de ces atteintes. »

Les risques industriels, du moins ceux qui sont à l'origine d'accidents majeurs appelés également **catastrophes industrielles** sont essentiellement des risques chimiques et ont pour origine des produits et des processus chimiques.

Le tableau 1.1 donne la liste des principaux accidents industriels majeurs connus et pour lesquels des informations techniques fiables existent.

Tableau 1.1 – Quelques accidents technologiques majeurs célèbres.

xv ^e siècle : rupture de l'écluse de Dordrecht (Pays-Bas) ; inondations de grande ampleur
1645 : explosion de la poudrerie de Boston (États-Unis) ; le tiers de la ville détruit
1794 : explosion de la poudrerie de Grenelle à Paris (France) ; plus de 1 000 morts
1889 : rupture du barrage de Johnstown (États-Unis) ; 2 200 morts
1906 : explosion de la mine de Courrières (France) ; 1 200 morts
1957 : explosion à la centrale nucléaire de Windscale (Royaume-Uni)
1959 : rupture du barrage de Malpasset (France) ; inondations à Fréjus ; 400 morts
1966 : explosion à la raffinerie de pétrole de Feyzin (France) ; 18 morts

1967 : naufrage du pétrolier Torrey Canyon, au large des îles Scilly, au sud-ouest de l'Angleterre ; premier exemple d'un naufrage catastrophique d'un pétrolier, avec une pollution importante des côtes anglaises et françaises

1967 : rupture du barrage de Kebumen (Indonésie) ; plus de 11 000 morts

1974 : explosion de l'usine chimique de Flixborough (Royaume-Uni) ; 28 morts

1976 : accident de l'usine chimique de Seveso (Italie) ; pas de morts mais intoxication très importante des populations des environs

1977 : explosion d'un silo près de la Nouvelle-Orléans (États-Unis) ; 33 morts

1978 : naufrage du pétrolier Amoco-Cadiz en face de Portsall (France) ; 400 km de côtes polluées par du pétrole brut

1979 : explosion à la centrale nucléaire de Three Mile Island (États-Unis)

1979 : explosion d'un silo près de Brême (Allemagne) ; 14 morts

1979 : rupture du barrage de Machhu (Inde) ; 30 000 morts

1982 : explosion d'un silo près de Metz ; 12 morts

1984 : explosion d'un réservoir de gaz liquéfié au Mexique ; 6 500 morts

1984 : accident de l'usine chimique de Bhopal (Inde) ; plus de 2 500 morts et plusieurs dizaines de milliers d'intoxications

1986 : explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl (Ukraine) ; plusieurs dizaines de morts et plusieurs milliers de personnes irradiées

1989 : naufrage du pétrolier Exxon Valdez dans le détroit du Prince William, en Alaska ; 40 000 tonnes de pétrole brut déversées, polluant 400 km de côtes

1997 : explosion d'un silo de céréales à Blaye (France) ; 11 morts

1999 : naufrage du pétrolier Erika au large de la Bretagne (France) ; 400 km de côtes polluées par du fioul lourd

1999 : accident du tunnel du Mont-Blanc (France et Italie) ; 37 morts

2001 : déversement accidentel de 100 000 m³ d'eaux polluées par des cyanures dans un affluent du Danube en Roumanie ; pollution catastrophique de la faune et de la flore du fleuve sur plus d'une centaine de kilomètres

2001 : explosion de l'usine d'AZF à Toulouse (France)

2001 : accident du tunnel de Saint-Gothard (Suisse) ; 11 morts

2002 : naufrage du pétrolier Prestige : très importante pollution des côtes du Portugal jusqu'à la Bretagne par du fioul lourd

2004 : explosion d'une conduite de gaz naturel sous haute pression à Ghislenghien (Belgique)

2005 : accident du tunnel de Fréjus (France) ; 2 morts

2005 : explosion de l'usine pétrochimique près de Kharbine (Chine du Nord-est) ; 100 tonnes de benzène toxique déversées dans le fleuve Songhua

1.2.2 Caractéristiques

Les accidents industriels sont :

- soit des incendies éventuellement précédés ou suivis d'explosions,
- soit des explosions éventuellement précédées ou suivies d'incendies,
- soit la formation et la libération dans la nature de substances nocives ou toxiques,
- soit encore les deux ou trois à la fois.

Le plus souvent, ces accidents majeurs correspondent à des émanations de produits toxiques à la suite d'explosions.

Les conséquences de ces accidents sont nombreuses :

- destructions des constructions dues à des incendies et des explosions,
- intoxications plus ou moins graves dues à l'émanation de substances dangereuses,
- pollution de la nature par les polluants toxiques émis (destruction plus ou moins importante de la faune et de la flore).

Les accidents industriels majeurs récents les plus connus sont :

- l'explosion de la raffinerie de Feyzin (Rhône) le 4 janvier 1966 ; une fuite de gaz propane provenant d'un réservoir de gaz liquéfié s'est enflammée, en contact avec un véhicule automobile circulant sur l'autoroute du Sud toute proche. Le feu a embrasé le réservoir qui, au bout d'une heure, a explosé. Cet accident a fait 17 morts, 84 blessés et des dégâts importants sur un rayon de 25 km. C'est le premier exemple d'un accident connu de BLEVE (explosion de vapeurs provenant d'un gaz liquéfié) ;
- l'accident de l'usine chimique de Seveso (Italie), le 10 juillet 1976, archétype de l'accident industriel majeur dans une usine de fabrications chimiques et qui est à l'origine de la directive européenne dite Seveso. Lors de la fabrication du trichlorophénol, un échauffement anormal du milieu réactionnel s'est traduit par une explosion et le rejet dans l'air de quelques kilos de tétrachlorodioxine extrêmement toxique et stable dans le temps. Il n'y a pas eu de morts mais plus de 40 000 personnes ont été intoxiquées et 2 000 hectares de terrains contaminés, même encore de nos jours ;
- l'accident de l'usine chimique de Bhopal (Inde) le 2 décembre 1988, certainement l'accident chimique le plus grave, qui a causé la mort de plus de 2 500 personnes et intoxiqué près de 250 000 personnes par l'émanation d'isocyanate de méthyle (MIC) contenu dans un réservoir ; la cause est l'infiltration d'eau dans le réservoir qui a réagi avec l'isocyanate et l'échauffement produit a fait exploser le réservoir ;
- l'accident d'AZF de Toulouse (Haute-Garonne), le 21 septembre 2001, où 300 tonnes de nitrate d'ammonium (ammonitrate), mis accidentellement en contact avec un produit chloré, ont explosé. L'onde de choc a pulvérisé toute l'usine et les nombreuses constructions et bâtiments alentour, a causé la mort d'une trentaine de personne et en a blessé 300.

Bien d'autres accidents se sont produits ces vingt dernières années, un peu partout dans le monde, et notamment dans les pays industrialisés. Pratiquement tous ces accidents ont fait l'objet d'enquêtes techniques et judiciaires, afin de déterminer les responsabilités. Les responsables désignés par les tribu-

naux sont tenus à réparer les dégâts et indemniser les victimes ; les sommes dues sont souvent très élevées, quelquefois supérieures aux possibilités financières des entreprises. Cette situation conduit souvent à d'interminables procès qui retardent les décisions finales ; enquêtes et contre-enquêtes, techniques ou judiciaires se succèdent pour retarder le règlement et réduire le montant des indemnisations. Il en résulte souvent des difficultés pour obtenir des informations exactes et fiables sur ces accidents majeurs.

1.2.3 Prévention des risques industriels majeurs

C'est l'ensemble des mesures administratives et techniques qui permettent de supprimer les risques d'accidents et, dans les cas où ils se produisent, d'atténuer leur gravité et leurs conséquences.

■ Aspect législatif

Les directives dites **Seveso** de l'Union européenne définissent les mesures préventives rendues obligatoires en France essentiellement par le Code de l'environnement et les textes qui en émanent.

La prévention des accidents industriels majeurs traite le double aspect :

- interventions en amont pour la suppression des risques dès l'origine afin de réduire voire de supprimer les dangers ;
- interventions en aval après qu'un accident est survenu (organisation des secours, enquêtes judiciaires, recherche des responsabilités, remise en état du site, etc.).

L'Organisation internationale du travail de Genève (ONU) a publié également des mesures allant dans le même sens.

En France, le ministère de l'Écologie et du Développement durable est chargé de la gestion des risques industriels et des accidents industriels majeurs et notamment de la transcription en droit national des directives européennes. Cette transcription se fait essentiellement sous forme de textes législatifs contenus dans le Code de l'environnement et de textes réglementaires (décrets et arrêtés d'application). Ces textes précisent les conditions que doivent respecter les entreprises traitant ou renfermant des produits dangereux ainsi que les mesures à prendre en cas d'accidents majeurs.

■ Aspect organisationnel

Le ministère de l'Écologie et du Développement durable intervient pour l'essentiel par les organismes suivants :

- La Direction de la prévention des pollutions et des risques (DPPR), au sein du ministère de l'Écologie et du Développement durable, prépare les différents textes législatifs.
- Le Bureau des risques technologiques et des industries chimiques et pétrolières (BRTICP) élabore les mesures techniques de prévention et assure le contrôle à travers l'Inspection des installations classées.
- Le Conseil supérieur des installations classées assiste et donne son avis au ministère en matière de protection de l'environnement.
- L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) est un organisme technique chargé d'évaluer et de maîtriser les risques industriels.
- Le Bureau d'analyse des risques et pollutions industriels regroupe l'ensemble des informations sur les accidents majeurs (bases de données).

■ Aspect technique

C'est l'ensemble des mesures à caractère technique et scientifique qui tendent à supprimer les risques. Il s'agit de mesures et de règles de construction des équipements et installations, de modes opératoires de fabrication, d'équipements de sécurité, de mesures préventives, etc.

Pour l'essentiel les inspecteurs des installations classées des Directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE) sont chargés de conseiller les entreprises sur les mesures préventives à mettre en place ainsi que de contrôler leur mise en application effective.

Un certain nombre de mesures techniques et organisationnelles concernent les interventions après un accident industriel majeur, interventions plus ou moins réglementées et placées sous l'autorité du préfet. Ces interventions concernent essentiellement l'organisation des secours et des soins médicaux : sapeurs-pompiers, médecins, centres hospitaliers, SAMU, police et gendarmerie, Directions départementales de l'équipement, etc.

1.2.4 Statistiques

Les différentes statistiques montrent que :

- la probabilité qu'un accident se produise augmente avec sa gravité ; autrement dit, plus le risque existant est grand, plus la probabilité que l'accident se produise est élevée ;
- ce sont les erreurs de manipulations humaines qui sont les plus fréquentes pour les accidents les plus graves.

En moyenne, on recense au moins un accident industriel important par an dans les pays industrialisés, les accidents majeurs étant beaucoup moins nombreux. Évidemment, plus le pays est industrialisé, plus la probabilité qu'un accident grave se produise est grande.

1.3 Risques professionnels : accidents du travail et maladies professionnelles

Tout risque engendre une atteinte à l'intégrité du corps humain, à la santé du travailleur exposé ; les risques professionnels sont à l'origine des accidents du travail et des pathologies professionnelles.

La Sécurité sociale étant chargée, en France, de la réparation (prise en charge des frais occasionnés) des accidents du travail et des maladies professionnelles, ces deux notions ont reçu une définition légale. Ainsi, le Code de la Sécurité sociale, dans son Livre IV définit : « Est considéré comme accident du travail, quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant, à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprises » (article L. 411-1).

Cette définition est très large car elle inclut non seulement les accidents survenus dans les lieux de travail c'est-à-dire ceux qui concernent cet ouvrage, mais également les accidents de trajet domicile/lieu de travail et retour, les accidents survenus entre le lieu de travail et le lieu de la restauration. Ces deux types d'accidents, qui sont essentiellement des accidents de la circulation piétonne ou automobile, n'ont rien à voir avec les risques chimiques.

Article L. 461-1 de la loi n° 93-121 du 27 janvier 1993. « Est présumée d'origine professionnelle toute maladie désignée dans un tableau de maladies professionnelles et contractée dans les conditions mentionnées à ce tableau. »

À la différence de la définition précédente, celle-ci est très restrictive car seules sont reconnues comme maladies professionnelles et indemnisées comme telles les pathologies introduites par les tableaux de maladies professionnelles. Il faut donc rajouter de nombreuses autres maladies qui, bien que non retenues, ont néanmoins une origine professionnelle. Tout médecin ayant connaissance d'une telle pathologie est tenu d'en aviser la Sécurité sociale.

Plusieurs autres articles du Code de la Sécurité sociale apportent des précisions sur des situations particulières (accidents du trajet, travailleurs temporaires ou à domicile, etc.) et les modalités d'application des prises en charge.

1.3.1 Accidents du travail

L'accident du travail peut être défini comme une atteinte corporelle avec lésions temporaires ou définitives, produites par une action extérieure, soudaine et rapide.

La projection sur la peau de produits chimiques agressifs (acides, bases), la respiration massive de gaz et vapeurs toxiques par suite d'une fuite sont des accidents du travail (intoxication accidentelle).

Suivant la gravité des lésions, on distingue :

- les accidents sans arrêt, bénins, souvent sans suite et qui peuvent être soignés sur place ;
- les accidents avec arrêt (de quelques jours à plusieurs mois) avec lésions nécessitant des soins particuliers ;
- les accidents avec incapacité permanente (IP) correspondant à des lésions définitives et séquelles, susceptibles de réduire la capacité de travail (incapacités partielles ou totales) ;
- les accidents mortels avec décès immédiat ou coma suivi du décès.

La gravité d'un accident, ayant pour origine un risque chimique, dépend essentiellement de la nature et des quantités de produits absorbés.

L'accidentabilité d'une activité professionnelle ou d'une entreprise est définie par plusieurs paramètres dont les plus importants sont :

$$\text{Indice de fréquence (IF)} = \frac{\text{Nombre d'accidents avec arrêt} \times 1\,000}{\text{Nombre de salariés}}$$

$$\text{Taux de gravité} = \frac{\text{Nombre de jours arrêtés} \times 1\,000}{\text{Nombre d'heures travaillées}}$$

Quelques exemples d'accident du travail ayant pour origine des risques bien connus :

- mains entraînées et écrasées par les organes mobiles d'une machine-outil ;
- explosions de réacteurs avec projections ;
- chutes dans les escaliers ;
- contacts avec des conducteurs nus sous tension électrique ;
- respiration de gaz et vapeurs toxiques dans des locaux non ou mal aérés.

1.3.2 Maladies professionnelles

Il y a lieu de distinguer :

- les pathologies professionnelles qui sont des atteintes à la santé, suite à une absorption de petites quantités et pendant une durée plus ou moins longue, de substances dangereuses auxquelles la victime a été exposée pendant son activité professionnelle ;
- les maladies professionnelles (articles L. 461.1 et L. 461.2 du Code de la Sécurité sociale), pathologies professionnelles qui figurent dans des tableaux fixés par décrets et qui correspondent aux conditions figurant sur ces tableaux, à savoir les symptômes, les travaux susceptibles de les provoquer et les délais de prise en charge.

Il existe actuellement une centaine de tableaux de maladies professionnelles ; toutes les affections qui respectent les conditions énumérées par ces tableaux sont prises en charge intégralement par la Sécurité sociale. Des textes récents ont assoupli ce système avec la création de comités régionaux de reconnaissance des maladies professionnelles qui peuvent demander qu'un cas de pathologie professionnelle ne correspondant pas à un tableau soit pris en charge comme une maladie professionnelle.

À l'origine des maladies professionnelles, il y a des produits chimiques, mais aussi des phénomènes physiques (bruits, vibrations, radiations), mécaniques (mouvements répétitifs, troubles musculosquelettiques), biologiques (infections bactériennes ou virales), etc.

Voici quelques exemples de maladies professionnelles :

- surdité professionnelle (exposition à des niveaux sonores élevés) ;
- anémie, leucémie, cataracte provoquées par les rayonnements ionisants (rayons X, rayons gamma) ;
- maladie du charbon professionnelle ;
- saturnisme professionnel ;
- affections ostéo-articulaires professionnelles provoquées par des marteaux pneumatiques.

1.3.3 Prévention des risques professionnels

La prévention, c'est l'ensemble des moyens mis en œuvre pour supprimer ou au moins réduire l'importance des risques. La prévention des risques profes-

sionnels, c'est l'ensemble des mesures générales ou spécifiques qui concourent à l'amélioration de la sécurité et de l'hygiène en milieu professionnel.

Plus de prévention signifie moins d'accidents et de maladies.

La prévention des risques professionnels revêt trois aspects complémentaires :

- un aspect législatif ;
- un aspect organisationnel ;
- un aspect technique.

■ Aspect législatif

Conscients de l'importance des risques professionnels tant sur le plan économique que sur le plan socio-humain, les pouvoirs publics ont développé toute une législation et une réglementation en matière de prévention des risques professionnels.

L'essentiel des textes émane du ministère du Travail et se trouve inclus dans le Code du travail et des décrets et arrêtés d'application. Ainsi, le Livre II du Code du travail concerne les conditions de travail (Titre I), la sécurité et la prévention (Titre III), la Médecine du travail (Titre IV), le service social (Titre V) et les pénalités en cas de non-application des mesures imposées (Titre VI).

Les articles législatifs (L) énoncent les principes et les orientations, alors que les articles réglementaires (R) ainsi que les décrets et arrêtés, codifiés (articles D) ou non, précisent les dispositions concrètes et pratiques de mise en place des mesures de sécurité.

Les inspecteurs et contrôleurs du travail sont chargés du contrôle de l'application de ces textes.

Signalons que les règles de prévention actuelles sont, pour l'essentiel, conformes aux directives européennes, donc proches des règles existant dans les autres pays de la Communauté européenne.

■ Aspect organisationnel

C'est essentiellement le ministère du Travail et des Affaires sociales qui s'occupe des risques professionnels et de leur prévention. Il comporte deux directions.

La *direction des Relations du travail* : elle définit entre autres choses la politique de prévention, prépare les textes législatifs et réglementaires dont certains sont consignés dans le Code du travail et veille à leur application dans les entreprises. Ce rôle de contrôle est confié aux directions départementales du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle

(DDTEFP), plus connue sous l'appellation d'Inspection du travail. Les lois et règlements sont proposés après avis du Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels, organisme paritaire consultatif, expert en risques professionnels.

La *direction de la Sécurité sociale* : elle élabore le Code de la Sécurité sociale ainsi que les décrets, arrêtés et circulaires qui en sont issus. Elle exerce un pouvoir de tutelle sur les différents organismes de la Sécurité sociale ; ceux qui sont chargés des risques professionnels sont :

- la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) établissement public national à caractère administratif qui, par l'intermédiaire de sa Commission des accidents du travail et maladies professionnelles (CATMP) (anciennement CTN pour comités techniques nationaux), coordonne l'action en matière de prévention des caisses régionales et vote le budget des accidents du travail et maladies professionnelles ;
- les 16 caisses régionales d'assurance maladie et les 4 caisses générales de Sécurité sociale de la France d'Outre-Mer, par leur service Prévention assistés des commissions régionales d'accidents du travail et des maladies professionnelles (anciennement CTR pour comités techniques régionaux), qui développent et coordonnent la prévention, calculent les taux de cotisation des entreprises et les informent. La prévention technique proprement dite est confiée aux services Prévention des risques professionnels des caisses ; ils sont composés d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité qui visitent les entreprises, contrôlent la mise en place des mesures de prévention et conseillent ;
- les caisses primaires d'assurance maladie (CPAM, une par département), qui ne s'occupent pas de prévention ; elles assurent essentiellement les prestations accidents, maladies dont les accidents du travail et les maladies professionnelles.

Près de 10 000 personnes, fonctionnaires ou non, sont chargées du contrôle des mesures de prévention dans les entreprises issues ou non du Code du travail et du Code de la Sécurité sociale ; on les trouve réparties de la façon suivante :

- 450 inspecteurs du travail (DDTEFP) ;
- 900 contrôleurs du travail (DDTEFP) ;
- 300 ingénieurs-conseils (CRAM et CNAMTS) ;
- 500 contrôleurs de sécurité (CRAM) ;
- 6 500 médecins du travail.

■ Aspect technique

Par prévention technique, il faut entendre l'ensemble des mesures à mettre en place, dans les entreprises, au niveau des ateliers, locaux et postes de travail, pour que les travailleurs puissent effectuer leurs tâches en toute sécurité. Il s'agit essentiellement de mesures et réalisations techniques, adaptées aux risques existants.

Insonoriser une machine bruyante par différents procédés, remplacer un produit toxique par un autre moins dangereux, aspirer les vapeurs nocives émises lors des opérations de dégraissage par exemple, aérer un local de travail, rendre inaccessible les zones dangereuses (parties mobiles) des machines au moyen d'obstacles (écrans, barres, etc.) sont autant de mesures techniques qui ont fait leur preuve sur le plan de l'efficacité dans la suppression des risques.

À côté de ces mesures purement techniques, il y a lieu de mentionner également :

- la formation et l'information de la maîtrise et des salariés aux postes de travail, dans le domaine des risques professionnels et des mesures de prévention ;
- la prévention médicale qui relève essentiellement de la Médecine du travail, institution issue du Code du travail et qui joue un rôle particulièrement important dans le dépistage des pathologies professionnelles ;
- au sein des entreprises, les actions :
 - du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT), dont le fonctionnement est codifié et qui joue un rôle moteur tant dans la détection des situations dangereuses dans l'entreprise que dans la mise en place des mesures de sécurité ;
 - le service de sécurité chargé de promouvoir, au sein de l'entreprise, par différents moyens, la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, avec le concours du CHSCT, de la Médecine du travail et des organismes extérieurs.

Le tableau 1.2 liste les principales catégories d'organismes chargés de la prévention des risques professionnels.

Tableau 1.2 – Principaux organismes chargés de la prévention dans les entreprises.

Origine	Codes	Organisme	Intervenant	Rôle (principales actions)
Ministère du Travail	Code du travail	DDTEFP (fonction publique)	Inspecteur Contrôleur du travail	Contrôle du respect des textes réglementaires concernant l'emploi et les conditions de travail.
Sécurité sociale	Code de la Sécurité sociale	CRAM (paritaire)	Ingénieur-conseil Contrôleur de sécurité	Conseils en matière de prévention technique. Contrôle des mesures demandées. Calcul des taux de cotisation employeur.
Privé	Code du travail	Entreprises ou organismes interprofessionnels	Médecin du travail	Suivi médical des salariés pour l'aptitude. Dépistage des maladies professionnelles. Conseil en hygiène et sécurité.
Privé	Code du travail	OPPBTP (paritaire) pour activités BTP	Agent	Conseils en matière de prévention technique. Rôle de CHSCT. Formation sécurité dans le BTP.
Privé	Code du travail	CHSCT (interne à l'entreprise)	Président + salariés	Détection des situations dangereuses. Contrôle des réalisations des normes de prévention. Enquêtes accidents du travail.
Privé	Code du travail	Organismes agréés	Conseiller Vérificateur	Conseils en prévention. Études, contrôles et vérifications réglementaires.

1.3.4 Statistiques

Tous les ans, la Caisse nationale de l'assurance maladie (Sécurité sociale) publie les statistiques nationales des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Ces statistiques montrent l'évolution des risques professionnels et permettent la détermination des taux de cotisation collectifs annuels par profession.

■ Statistiques financières

Le coût des accidents du travail varie en fonction de l'activité ; il est très élevé pour les activités de transport et manutention et dans le bâtiment et travaux publics.

Par contre, ce coût est faible dans les activités comme le textile, le vêtement, l'alimentation.

Actuellement, les coûts moyens pour l'ensemble des activités professionnelles, indépendamment de la nature du risque, sont :

- 2 200 € pour un accident du travail avec arrêt, quel que soit le nombre de jours perdus ;
- 85 500 € pour un accident grave ayant nécessité un arrêt de longue durée, des soins hospitaliers intensifs et une incapacité permanente partielle avec rente ;
- 30 000 € pour une maladie professionnelle ; cependant la fourchette est très large, allant de 10 000 € pour une maladie du type TMS jusqu'à 250 000 € pour des cancers nécessitant des soins intensifs pendant une durée très longue, voire à vie.

En l'espace de trente ans, les différents taux de risques ont été réduits considérablement, ce qui a nécessité un effort de prévention important tant de la part des entreprises et des salariés que de la part des pouvoirs publics. Par contre, les coûts moyens ont augmenté à cause principalement du renchérissement et de l'amélioration des soins apportés aux victimes.

■ Statistiques technologiques

Elles concernent les répartitions des accidents du travail et des maladies professionnelles par branche d'activité, par région, mais aussi par tranche d'âge, par sexe, par nationalité, par qualification professionnelle, par nature et siège des lésions, par lieu d'accident et par élément matériel.

Ces résultats statistiques permettent d'avoir une idée sur les différents paramètres caractérisant les accidents. Ainsi, on constate que les accidents aux mains, aux pieds et aux yeux sont les plus fréquents, mais moins graves que ceux à la tête. Les moins de 30 ans et les plus de 60 ans ont plus d'accidents ; la gravité des accidents augmente avec l'âge.

Depuis quelques décennies, on assiste à un accroissement important des maladies professionnelles déclarées et indemnisées. Cette situation s'explique par l'augmentation du nombre des maladies reconnues (tableaux de maladies professionnelles plus nombreux), une meilleure connaissance de ces maladies et une organisation de défense des victimes de plus en plus efficace. Actuellement, on compte plus de 30 000 cas de maladies professionnelles par an et ce nombre va certainement encore augmenter. Les pathologies péri-articulaires ayant pour origine les gestes et manipulations répétitives représentant le quart des maladies consolidées (reconnues et réparées).

Par contre les intoxications accidentelles représentent un faible pourcentage des accidents du travail, de l'ordre de 10 %.

La figure 1.1 montre l'évolution du nombre des accidents du travail avec arrêt, des décès et des maladies professionnelles déclarés en France.

Les trois courbes de la figure 1.1 montre clairement :

- une baisse d'environ 50 % du nombre des accidents du travail avec arrêt entre 1970 et 2000 ;
- une baisse considérable des décès par accident du travail, 5 fois moins en 2000 par rapport à 1970 ;
- un accroissement important (presque 5 fois) des maladies professionnelles reconnues par suite de la création ou de l'élargissement depuis quelques années, de tableaux de maladies professionnelles (amiante, troubles musculo-squelettiques). Cette tendance va certainement se poursuivre encore, car au dire des spécialistes, le nombre réel des pathologies professionnelles est très supérieur à celui des maladies professionnelles reconnues. C'est un véritable problème que n'est pas encore résolu.

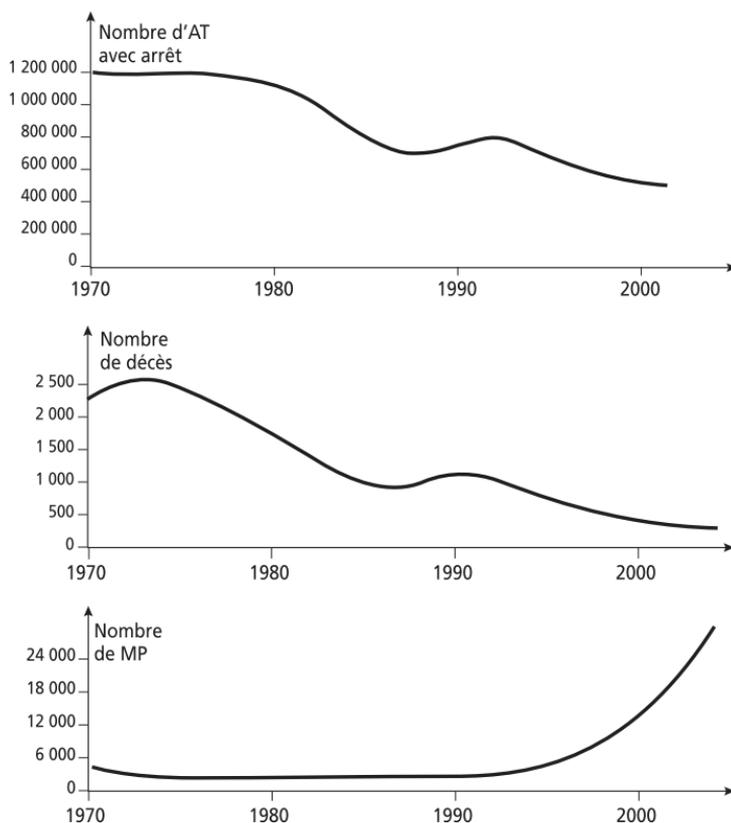


Figure 1.1 – Évolution des accidents du travail (AT) et des maladies professionnelles (MP) depuis 1970.

1.4 Risques de la vie courante

1.4.1 Définitions

Les risques de la vie courante sont tous ceux que l'on rencontre dans la vie de tous les jours, en dehors des activités professionnelles. Ce sont les situations dange-

reuses rencontrées chez soi, à l'extérieur, sur les lieux publics, lors des vacances. Ils concernent les différentes activités non professionnelles, celles de la vie courante, dans la maison comme à l'extérieur (ménage, bricolage, loisirs, sports, etc.).

Les accidents de la vie courante comprennent :

- les accidents domestiques proprement dits qui ont lieu dans la maison et ses dépendances (jardin, garage, atelier de bricolage, etc.),
- les accidents scolaires,
- les accidents dus aux activités sportives et pendant les vacances,
- les accidents survenus lors des loisirs.

Ce sont les enfants (moins de cinq ans) et les personnes âgées qui sont les plus touchés.

Les produits chimiques courants, largement utilisés dans la vie courante, sont à l'origine de nombreux accidents, en priorité des intoxications, moins fréquemment des incendies et explosions.

Il s'agit pour l'essentiel :

- des produits ménagers (eau de Javel et similaires chlorés, détartrants acides, nettoyeurs, solvants, etc.) ;
- des médicaments et produits de santé ;
- des cosmétiques et autres produits de soins corporels, surtout à l'état liquide (nettoyants, produits alcoolisés, eaux de toilette, shampoings, savons, etc.) ;
- des produits de bricolage (peintures et vernis, dissolvants et diluants, huiles minérales, produits de soudage, etc.) ;
- des produits de jardinage (désherbants, engrais, produits phytosanitaires, etc.).

Tous ces produits sont à l'origine d'accidents plus ou moins graves, concernant surtout les enfants.

Les statistiques le montrent bien ; en France, on dénombre entre 4 et 5 millions d'accidents domestiques par an (chutes, blessures, brûlures, électrisations et électrocutions, intoxications, feux, etc.). Tous ne sont pas dus aux produits chimiques. Ces accidents sont la première cause d'hospitalisation en France et conduisent à plus de 20 000 morts par an.

Une part non négligeable de ces accidents est due à des produits chimiques ; ce sont essentiellement des intoxications et des brûlures chimiques ; les enfants sont majoritairement les victimes de ces intoxications ; le quart des accidents des moins de 5 ans sont dus aux produits ménagers. Le tableau 1.3 liste les principaux risques de la vie courante d'origine chimique et les produits incriminés.

Tableau 1.3 – Principaux risques chimiques de la vie courante.

Risques de la vie courante	Lieu	Produits chimiques impliqués	Fréquence
Risques domestiques	Maison	Ménagers, médicaments, cosmétiques, alcools, phytosanitaires	Élevée
	Jardin	Engrais, pesticides et insecticides	Moyenne
	Bricolage	Solvants et diluants, peintures, huiles, acides et décapants	Élevée
Risques scolaires	École	Ménagers, médicaments, colles, encres, colorants, jouets	Moyenne
Activités sportives et vacances	Air libre	Cosmétiques, entretien, produits spéciaux, alcools	Faible
Loisirs	Air libre	Cosmétiques, entretien, alcools	Faible

1.4.2 Prévention des risques de la vie courante

Globalement, les pouvoirs publics interviennent moins directement dans le domaine des risques domestiques, sauf dans certains secteurs particulièrement dangereux comme l'utilisation des armes à feu. Cela se traduit par un nombre limité de textes réglementaires parus.

En ce qui concerne la prévention des risques domestiques chimiques, c'est surtout en amont au niveau des produits utilisés que la législation est stricte, notamment en interdisant la vente et l'utilisation de produits très dangereux (cancérogènes, explosifs, très inflammables) et en rendant obligatoire l'information par les fabricants, vendeurs et utilisateurs sur les dangers présentés et les mesures de premiers secours à mettre en œuvre. Ces informations figurent généralement sur les étiquettes collées sur les récipients et emballages contenant ces produits.

Pour le reste, les mesures de précaution classiques et la rapidité des interventions de secours en cas d'intoxication sont les principaux éléments de la prévention dans ce domaine.

1.4.3 Statistiques

Les statistiques publiées par l'INSERM signalent pour ces dernières années plus de 4 000 décès par ingestion et aspiration de produits toxiques. Ce nombre semble augmenter régulièrement depuis une vingtaine d'années. Par contre, le nombre de décès chez les moins de 5 ans diminue alors que, pour les personnes âgées, il augmente plus vite que la moyenne nationale (triplement du nombre des décès depuis une vingtaine d'années).

2 • RÉGLEMENTATION

A

NOTIONS DE BASE

2.1 Généralités et réglementation REACH

2.1.1 Généralités

Il existe une importante législation et réglementation en matière de risques industriels et professionnels, tant au niveau européen qu'au niveau de la France et des autres pays industrialisés. Cette réglementation diffère selon qu'il s'agit de risques industriels majeurs ou de risques professionnels, ces deux types de risques, bien que techniquement proches, étant traités différemment en matière législative.

La législation du travail, plus ancienne que celle des risques industriels majeurs, est plus complexe et techniquement plus élaborée et plus importante. Cette complexité vient du fait que la protection des travailleurs date de plus d'un siècle et répond à un grand nombre de situations variées et de risques divers. Deux codes, celui du travail et celui de la Sécurité sociale, traitent cet aspect des risques, chacun selon ses compétences qui sont d'ailleurs complémentaires.

En ce qui concerne les risques industriels majeurs, la législation est différente mais présente des similitudes avec la précédente, les risques étant souvent de même nature. Les textes officiels, européens ou nationaux traitent pour l'essentiel de la prévention des pollutions et dans une certaine mesure des autres conséquences des accidents et expositions aux risques : organisation des secours, réparations des dégâts matériels et corporels, recherche des responsabilités et réparation des pollutions.

Quant aux risques de la vie courante, il n'existe pas de législation spécifique, mais plusieurs textes officiels s'appliquent, notamment au niveau des équipements et des produits utilisés dans la vie quotidienne.

2.1.2 Réglementation REACH

■ Livre Blanc sur les substances chimiques

Une nouvelle réglementation vient d'être promulguée à l'échelon européen ; il s'agit du système REACH.

En 2001, le Livre Blanc présenté par la Commission européenne et intitulé *Stratégie pour la future politique dans le domaine des substances chimiques* décidait de rassembler les propositions de cette Commission par l'élaboration d'une stratégie relative à la future politique communautaire dans le domaine des substances chimiques dont la finalité est de favoriser le développement durable.

Dans ce cadre, l'un des objectifs de la stratégie proposée est de protéger la santé humaine et de promouvoir un environnement non toxique et ce au moyen d'un système unique dénommé REACH (*Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals* soit enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques), système souple dont les exigences sont fonction des propriétés dangereuses avérées ou présumées, des utilisations, des expositions et des quantités produites ou importées.

Le système REACH se propose :

- de fixer des délais en procédant par étapes successives,
- de rendre l'industrie responsable de la sécurité,
- d'étendre la responsabilité jusqu'au bout de la chaîne de transformation,
- de substituer les substances chimiques les plus dangereuses,
- de préserver et de renforcer la compétitivité de l'industrie chimique communautaire en stimulant l'innovation, d'accroître la transparence et d'améliorer l'intégration des questions internationales.

■ Règlement REACH du 18 décembre 2006

Il s'agit d'un règlement et non d'une directive qui s'applique à tous les citoyens et entreprises de l'Union européenne (27 pays) ; cette application sur le terrain ne nécessite donc pas de textes nationaux.

La première version présentée par la Commission en 2003 a fait l'objet de nombreux amendements et d'après discussions pour aboutir, après de nombreux compromis, à la version actuelle adoptée à une large majorité, par le Parlement européen, le 13 décembre 2006.

Il s'agit d'un document très important tant par son volume que par sa portée pour l'avenir, sur l'emploi des produits chimiques dans la vie courante comme dans les activités industrielles et professionnelles. Le document en

6 volumes comprend le texte du règlement et 17 annexes, soit près de 850 pages. Le plan de l'ensemble est donné dans le tableau 2.1.

L'intitulé exact du titre donné par le *Journal officiel de la Communauté européenne* du 30 décembre 2006 est le suivant :

« Règlement (CE) n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement (CEE) n° 793/93 du Conseil et le règlement (CE) n° 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/69/CEE du Conseil et les directives 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission. »

Tableau 2.1 – Plan du règlement REACH du 18 décembre 2006.

Titre I	Généralités
Chapitre 1	Objet, champ d'application et application
Chapitre 2	Définitions et dispositions générales
Titre II	Enregistrement des substances
Chapitre 1	Obligation générale d'enregistrement et exigences en matière d'informations
Chapitre 2	Substances considérées comme étant enregistrées
Chapitre 3	Obligation d'enregistrement et exigences en matière d'informations concernant certains types d'intermédiaires isolés
Chapitre 4	Dispositions communes applicables à l'ensemble des enregistrements
Chapitre 5	Dispositions transitoires applicables aux substances bénéficiant d'un régime transitoire et aux substances notifiées
Titre III	Échange des données et prévention des essais inutiles
Chapitre 1	Objectifs et règles générales

Chapitre 2	Règles applicables aux substances ne bénéficiant pas d'un régime transitoire et aux déclarants de substances bénéficiant d'un régime transitoire qui n'ont pas effectué d'enregistrement préalable
Chapitre 3	Règles applicables aux substances bénéficiant d'un régime transitoire
Titre IV	Information à l'intérieur de la chaîne d'approvisionnement
Titre V	Utilisateurs en aval
Titre VI	Évaluation des substances
Chapitre 1	Évaluation des dossiers
Chapitre 2	Évaluation des substances
Chapitre 3	Évaluation des intermédiaires
Chapitre 4	Dispositions communes
Titre VII	Autorisation
Chapitre 1	Obligation d'autorisation
Chapitre 2	Octroi des autorisations
Chapitre 3	Autorisations dans la chaîne d'approvisionnement
Titre VIII	Restrictions applicables à la fabrication, à la mise sur le marché et à l'utilisation de certaines substances et préparations dangereuses
Chapitre 1	Généralités
Chapitre 2	La procédure de restriction
Titre IX	Redevances et droits
Titre X	L'agence
Titre XI	Inventaire des classifications et des étiquetages
Titre XII	Informations

Titre XIII	Autorités compétentes
Titre XIV	Exécution
Titre XV	Dispositions transitoires et finales
Annexe I	Dispositions générales afférentes à l'évaluation des substances et à l'élaboration des rapports sur la sécurité chimique
Annexe II	Guide d'élaboration des fiches de données de sécurité
Annexe III	Critères pour les substances enregistrées en quantités comprises entre 1 et 10 tonnes
Annexe IV	Exemptions de l'obligation d'enregistrement conformément à l'article 2, paragraphe 7, point A)
Annexe V	Exemptions de l'obligation d'enregistrement conformément à l'article 2, paragraphe 7, point B)
Annexe VI	Exigences en matière d'information visées à l'article 10
Annexe VII	Exigences en matière d'informations standard pour les substances fabriquées ou importées en quantités égales ou supérieures à 1 tonne
Annexe VIII	Exigences en matière d'informations standard pour les substances fabriquées ou importées en quantités égales ou supérieures à 10 tonnes
Annexe IX	Exigences en matière d'informations standard pour les substances fabriquées ou importées en quantités égales ou supérieures à 100 tonnes
Annexe X	Exigences en matière d'informations standard pour les substances fabriquées ou importées en quantités égales ou supérieures à 1 000 tonnes
Annexe XI	Règles générales d'adaptation du régime d'essais standard visé aux annexes VII à X
Annexe XII	Dispositions générales à appliquer par les utilisateurs en aval lors de l'évaluation des substances et de l'élaboration des rapports sur la sécurité chimique

Annexe XIII	Critères d'identification des substances persistantes, bioaccumulables et toxiques, et des substances très persistantes et très bioaccumulables
Annexe XIV	Liste des substances soumises à autorisation
Annexe XV	Dossiers
Annexe XVI	Analyse socio-économique
Annexe XVII	Restrictions applicables à la fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation de certaines substances et préparations dangereuses et de certains articles dangereux

L'énoncé des 131 antécédents et raisons qui ont conduit à la prise de ce règlement précède les 141 articles du règlement proprement dit, suivis des 17 annexes, tous importants et qui concrétisent l'application des différentes dispositions sur le terrain.

Le **Titre I** énonce l'objectif, le champ d'application et une série de définitions indispensables pour la bonne compréhension et l'interprétation exacte des dispositions.

L'article premier précise l'objectif principal de cette réglementation : préserver la santé humaine et l'environnement, tout en permettant la libre circulation des substances dans le marché intérieur (Union européenne). Les dispositions et mesures énoncées s'appliquent à la fabrication, à la mise sur le marché et à l'utilisation des substances et préparations, et par conséquent il incombe aux fabricants, importateurs et utilisateurs en aval de veiller à fabriquer, à mettre sur le marché et à utiliser des produits sans effets nocifs pour l'homme et l'environnement : c'est le principe de précaution.

Ces mesures s'appliquent à toutes les substances et préparations sauf à celles particulières qui sont en principe visées par d'autres textes européens comme les directives. Il s'agit pour l'essentiel des produits radioactifs, des médicaments humains et animaux, des produits cosmétiques, des denrées alimentaires, du transport des produits dangereux, des produits destinés à être réexportés ou bien qui sont en transit. Ces familles de produits sont visées par des textes spécifiques.

Le **Titre II** concerne la procédure obligatoire d'enregistrement des substances et préparations auprès d'une agence unique ainsi que les conditions et caractéristiques de cet enregistrement, dont notamment les informations à fournir

pour préparer le dossier d'enregistrement. Le **Titre X** et l'annexe X définissent les caractéristiques de cette agence.

Les **Titres III à V** traitent des situations particulières.

Le **Titre VI** concerne la phase importante d'évaluation de la nocivité des produits à enregistrer ainsi que les conditions et caractéristiques de cette évaluation. L'annexe I apporte les précisions nécessaires pour l'application pratique de l'évaluation et introduit deux valeurs limites nouvelles :

- le **niveau dérivé sans effet DNEL** (*Derived No-Effect Level*) pour les substances conduisant à des atteintes à la santé humaine ;
- la **concentration prévisible sans effet PNEC** (*Predicted No-Effect Concentration*) pour la protection de l'environnement.

Le **Titre VII** traite des conditions et procédures d'autorisation de fabrication, de mise sur le marché et d'utilisation des produits enregistrés et évalués.

Enfin le **Titre XV** traite des abrogations et des dates d'entrée en vigueur de ce règlement. Ainsi, les directives 91/155/CEE, 93/105/CE, 2000/21/CE, 93/67/CEE, 76/769/CEE ainsi que les règlements n° 793/93 et 1488/94 seront abrogés entre le 1^{er} juin 2007 et le 1^{er} juin 2009. Le présent règlement entre en vigueur le 1^{er} juin 2007 (1^{er} juin 2008 pour certains articles).

Les principales mesures sont les suivantes :

- l'enregistrement progressif étalé sur 11 ans (jusqu'en 2018) de 30 000 substances chimiques utilisées dans l'Union européenne, en quantités supérieures à la tonne par an ;
- l'évaluation de la toxicité ou nocivité des substances chimiques suivant des critères précisés dans les annexes. Ce sont les industriels et les importateurs qui doivent démontrer, après études, la non-dangerosité de ces substances ;
- l'autorisation de mise sur le marché et de l'utilisation avec mesures préventives des substances ;
- l'enregistrement et l'autorisation de l'utilisation des substances seront centralisés auprès d'une agence européenne unique, située à Helsinki, en Finlande, dont les caractéristiques sont définies dans les annexes et qui sera créée prochainement ;
- pour chaque substance, un certain nombre d'informations sont exigées ; ce nombre dépend de la nocivité et des quantités utilisées ;
- seront enregistrées et traitées en priorité les substances présumées les plus dangereuses, au nombre de 2 000 à 2 500, dans les trois premières années ; des études d'évaluation de la nocivité doivent être menées rapidement ;
- pour 15 000 substances présumées peu dangereuses, les industriels n'ont à fournir que des informations déjà connues ;

- la production et l'utilisation des substances reconnues dangereuses seront autorisées à condition de mener des études pour les substituer par des substances moins nocives.

Les nouveautés introduites par ce règlement sont les suivantes :

- la centralisation de l'ensemble des mesures relatives aux substances chimiques en un règlement unique, valable dans un premier temps pour l'ensemble des pays de l'Union européenne et éventuellement par la suite à d'autres pays. Les réglementations nationales relatives aux substances chimiques seront en principe abrogées et remplacées par le règlement REACH et gérées par un centre unique situé à Helsinki ;
- la possibilité de fabriquer et d'utiliser des substances dangereuses nécessaires, en attendant leur remplacement après études et mises au point. Ce point est un recul par rapport à de nombreuses réglementations nationales européennes qui interdisent purement et simplement de telles utilisations ;
- l'évaluation de la dangerosité des substances chimiques laissée à la seule responsabilité des fabricants et importateurs, et l'absence des pouvoirs publics, jusqu'ici largement impliqués dans ce processus d'évaluation ;
- seules 30 000 substances dangereuses ou non sont visées parmi les plusieurs centaines de milliers de produits anciens ou nouveaux fabriqués et utilisés. Que deviendront les autres substances dangereuses ?

Un certain nombre de directives seront abrogées, ce qui va se traduire par l'abrogation d'un certain nombre de textes nationaux et en France par des changements au niveau de certains codes (travail, environnement, etc.). Cette situation risque de se traduire par la coexistence, pendant une certaine période, de nombreux textes officiels nationaux et européens, préconisant des dispositions différentes. Il est souhaitable que cette période soit la plus courte possible afin de réduire les difficultés créées par la mise en place de la réglementation REACH.

Fruit de nombreux compromis, le règlement REACH laisse un doute quant à sa future applicabilité pratique sur le terrain et d'éventuelles dérives et irrégularités sont à craindre. De toute façon, il y a lieu d'attendre quelques années avant de se faire une idée exacte de sa portée et d'apporter éventuellement les modifications jugées nécessaires.

2.2 Réglementation en matière de risques industriels majeurs

En matière de risques industriels, notamment majeurs, ayant des conséquences graves sur notre environnement, il existe deux familles de textes officiels :

- les directives européennes ainsi que les recommandations et notes techniques qui en sont issues,
- les textes nationaux (lois, décrets, arrêtés, etc.).

Seuls les textes nationaux s'appliquent dans les pays de l'Union européenne, et chaque État se doit de transposer dans sa législation les mesures minimales proposées par les directives européennes.

2.2.1 Directives européennes

Les pays industrialisés, notamment européens, possédaient déjà une législation relative à la sécurité industrielle. Cependant, plusieurs accidents majeurs, largement médiatisés et ayant fait des dégâts humains et matériels considérables, surtout l'accident de Seveso en 1976, ont conduit l'Union européenne à établir une directive dite Seveso préconisant des mesures communes à mettre en place pour la prévention des accidents industriels majeurs.

■ Directive Seveso I

La première directive appelée **Seveso I** (82/501/CE) date du 24 juin 1982. Elle a été abrogée depuis. Cette première version distingue :

- les installations dangereuses habituelles pour lesquelles des mesures doivent être mises en place,
- les installations les plus dangereuses à hauts risques appelées installations Seveso qui non seulement doivent respecter certaines conditions imposées, mais également seront soumises à des contrôles périodiques permanents.

■ Directive Seveso II

La directive 96/82/CE du 9 décembre 1996 dite directive **Seveso II** remplace la précédente et reste en vigueur actuellement ; elle a été modifiée en partie par la directive 2003/105/CE du 16 décembre 2003, à la suite d'autres acci-

dents majeurs dont celui d'AZF à Toulouse en 2001. Elle est complétée par un certain nombre d'autres textes.

Le plan de la directive 96/82/CE du 9 décembre 1996 est donné dans le tableau 2.2.

Tableau 2.2 – Plan de la directive 96/82/CE du 9 décembre 1996 dite directive Seveso II.

Article 1 : Objet
Article 2 : Champ d'application
Article 3 : Définitions
Article 4 : Exclusions
Article 5 : Obligations générales de l'exploitant
Article 6 : Notification
Article 7 : Politique de prévention des accidents majeurs
Article 8 : Effet domino
Article 9 : Rapport de sécurité
Article 10 : Modifications d'une installation
Article 11 : Plans d'urgence
Article 12 : Maîtrise de l'urbanisation
Article 13 : Informations concernant les mesures de sécurité
Article 14 : Informations à fournir par l'exploitant après un accident majeur
Article 15 : Informations à fournir par les États membres à la Commission
Article 16 : Autorité compétente
Article 17 : Interdiction d'exploitation
Article 18 : Inspection

Article 19 : Échanges et système d'information

Article 20 : Confidentialité

Article 21 : Mandat du comité

Article 22 : Comité

Article 23 : Abrogation de la directive 82/502-1/CEE

Article 24 : Mise en application

Article 25 : Entrée en vigueur

Annexe I : Application de la directive : Introduction

Annexe II : Données et informations minimales à prendre en considération dans le rapport de sécurité prévu à l'article 9

Annexe III : Principes visés à l'article 7 et informations visées à l'article 9 relatifs au système de gestion et à l'organisation de l'établissement en vue de la prévention des accidents majeurs

Annexe IV : Données et informations devant figurer dans les plans d'urgence prévus à l'article 11

Annexe V : Éléments d'information à communiquer au public en application de l'article 13, paragraphe 1

Annexe VI : Critères pour la notification d'un accident à la commission, prévue à l'article 15, paragraphe 1

Cette directive s'applique à tous les établissements où des produits dangereux sont présents en des quantités égales ou supérieures à celles indiquées dans les annexes. Sont exclus les établissements militaires, les produits radioactifs, le transport et le stockage temporaire de produits dangereux, les exploitations minières et les décharges de déchets dangereux ; pour ces établissements et installations, il existe des directives et autres textes spécifiques.

La directive Seveso II se distingue de la précédente par l'emploi du terme **établissement** au lieu d'installation, plus restrictif, une protection de l'environnement plus importante et une meilleure gestion de la sécurité, du contrôle et de l'information.

Cette directive passe en revue les différents aspects et domaines de prévention. Les six annexes apportent un certain nombre de précisions afin de rendre applicable sur le terrain les mesures demandées.

L'annexe I donne une liste des substances dangereuses avec leurs seuils minimaux, en plus du nitrate d'ammonium (ammonitrate d'AZF de Toulouse), de polychlorodibenzofuranes et polychlorodibenzodioxines (dioxines). Cette annexe classe les produits suivants :

- explosifs ou préparations qui créent des risques d'explosion,
- substances inflammables (gaz et liquides).

Bien qu'elle date de 1996, cette directive est complétée par plusieurs autres directives et règlements qui précisent certains aspects comme la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses, la limitation de la mise sur le marché, le transport des marchandises dangereuses, l'exposition aux substances cancérogènes, etc. Cet ensemble est suffisamment complet et ne sera probablement pas modifié dans les années à venir, mais complété régulièrement, notamment par un projet de texte qui doit rendre obligatoire l'interdiction d'emploi de produits très toxiques et leur remplacement tout autant obligatoire par d'autres produits moins dangereux.

2.2.2 Recueil *Prévention des accidents industriels majeurs* de l'OIT

Le Bureau international du travail (BIT) de l'Organisation internationale du travail (OIT) de Genève a publié dans le recueil *Prévention des accidents industriels majeurs*, une série de mesures de prévention mises au point par un groupe d'experts internationaux.

Ces mesures figurent pour l'essentiel dans les directives européennes et le Code de l'environnement.

2.2.3 Législation française

L'essentiel des mesures législatives applicables en France est consigné dans le Code de l'environnement, Livre V, Titres I et II (tableau 2.3).

Tableau 2.3 – Code de l'environnement, Livre V – Plan des Titres I et II.

Titre I : Installations classées pour la protection de l'environnement	
Chapitre I : Dispositions générales	L. 511-1 et 2
Chapitre II : Installations soumises à autorisation ou à déclaration	L. 512
Section 1 : Installations soumises à autorisation	L. 512-1 à L. 512-7
Section 2 : Installations soumises à déclaration	L. 512-8 à L. 512-13
Section 3 : Dispositions communes à l'autorisation et à la déclaration	L. 512-14 à L. 512-16
Chapitre III : Installations fonctionnant au bénéfice des droits acquis	L. 513-1
Chapitre IV : Contrôle et contentieux des installations classées	L. 514
Section 1 : Contrôle et sanctions administratifs	L. 514-1 à L. 514-8
Section 2 : Dispositions pénales	L. 514-9 à L. 514-18
Section 3 : Protection des tiers	L. 514-19 à L. 514-20
Chapitre V : Dispositions particulières à certaines installations	L. 515
Section 1 : Carrières	L. 515-1 à L. 515-6
Section 2 : Stockage souterrain de produits dangereux	L. 515-7
Section 3 : Installations susceptibles de donner lieu à des servitudes d'utilité publique	L. 515-8 à L. 515-12
Section 4 : Installations où s'effectuent des opérations soumises à agrément	L. 515-13
Section 5 : Installations d'élimination des déchets	L. 515-14
Section 6 : Installations soumises à un plan de prévention des risques technologiques	L. 515-15 à L. 515-26

Chapitre VI : Dispositions financières	L. 516-1 et 2
Chapitre VII : Dispositions diverses	L. 517-1 et 2
Titre II : Produits chimiques et biocides	
Chapitre I : Contrôle des produits chimiques	L. 521-1 et 2
Section 1 : Déclaration des matières nouvelles	L. 521-3 à L. 521-5
Section 2 : Dispositions communes aux substances et préparations	L. 521-6 à L. 521-11
Section 3 : Contrôle et constatation des infractions	L. 521-12 à L. 521-16
Section 4 : Sanctions administratives	L. 521-17 à L. 521-20
Section 5 : Sanctions administratives	L. 521-21 à L. 521-24
Chapitre II : Contrôle de la mise sur le marché des substances actives biocides et autorisations de mise sur le marché des produits biocides	L. 522-1
Section 1 : Contrôle des substances actives	L. 522-2 et L. 522-3
Section 2 : Contrôle de la mise sur le marché des produits biocides	L. 522-4 à L. 522-7
Section 3 : Dispositions diverses	L. 522-8 à L. 522-14
Section 4 : Contrôles et sanctions	L. 522-15 à L. 522-18

Ce Code ne comporte pour le moment que des articles législatifs L. L'absence d'articles réglementaires R rend l'application des mesures quelque peu difficile, les modalités pratiques d'application faisant défaut.

Toute la législation de la prévention des risques industriels majeurs s'articule autour de la notion, déjà ancienne, d'**installations classées**. Il existe trois types d'installations classées.

■ Installations classées soumises à autorisation A

Ce sont les installations qui présentent de graves dangers pour l'environnement, autrement dit des risques d'incendie-explosion et d'émanation de

produits toxiques d'une certaine importance. L'autorisation n'est accordée par le préfet, après dépôt et examen d'un dossier technique, que si les dangers ou inconvénients inhérents à l'installation dangereuse sont supprimés.

L'autorisation est accordée après enquête publique et avis des conseils municipaux et des conseils départementaux d'hygiène (CDH).

Des arrêtés prescrivant des règles techniques accompagnent l'autorisation.

Le dossier d'autorisation, comprenant plusieurs documents et informations comme les différents plans du site et de l'installation, la nature et le volume des activités, les procédés de fabrication, le traitement des déchets, l'étude d'impact et une étude de dangers, est remis à la préfecture qui le soumet à l'étude des experts compétents comme l'Inspection des installations classées, les services des sapeurs-pompiers, l'Inspection du travail et d'autres organismes locaux.

■ Installations soumises à autorisation donnant lieu à des servitudes d'utilité publique AS ou S

Ce sont les installations les plus dangereuses appelées installations Seveso. En plus de l'autorisation, elles sont soumises à certaines servitudes et notamment l'obligation de présenter et de respecter les plans de prévention délimitant une zone de risques autour du site.

Actuellement, la France compte 427 installations de ce type qui restent sous haute surveillance permanente. Il s'agit pour l'essentiel des installations pétrochimiques (raffineries, usines de fabrication, de stockage), des installations pyrotechniques et de fabrication d'explosifs et de toutes les installations comportant des stocks importants de produits dangereux, inflammables, explosifs ou toxiques.

■ Installations classées soumises à déclaration D

Ce sont les installations qui présentent moins de risques graves, mais qui sont néanmoins susceptibles de présenter des risques pour le voisinage et l'environnement. En principe, les dangers sont tels que des accidents majeurs ne peuvent pas se produire. Le risque principal est celui de la pollution de l'environnement.

Leur fonctionnement suppose une simple déclaration préfectorale, obtenue à la suite du dépôt d'un dossier. Des vérifications périodiques sont prévues.

■ Nomenclature des installations classées

C'est l'exploitant d'une installation classée qui doit définir la catégorie et préparer le dossier en conséquence. Pour cette raison, la nomenclature des installations classées, mise en place par le décret du 20 mai 1953, puis modi-

fiée à plusieurs reprises, désigne pour chaque famille de produits et d'activités, la catégorie de l'installation. Le tableau 2.4 donne le plan de la nomenclature des installations classées.

Tableau 2.4 – Plan de la nomenclature des installations classées.

1 : Rubriques relatives à des substances
11 : Substances toxiques
111 : Très toxiques
113 : Toxiques
12 : Substances comburantes
13 : Explosifs et substances explosives
131 : Explosifs
132 : Autres substances explosives
133 : Nitrate d'ammonium
14 : Substances inflammables
141 : Gaz inflammables
143 : Liquides inflammables
145 : Solides facilement inflammables
15 : Produits combustibles
16 : Produits corrosifs
17 : Substances radioactives
2 : Rubriques relatives à des activités
21 : Activités agricoles, animaux
22 : Agroalimentaire
23 : Textiles, cuirs et peaux
24 : Bois, papier, carton, imprimerie
25 : Matériaux, minerais et métaux
26 : Chimie, parachimie, caoutchouc
27 : Déchets
29 : Divers

Cette nomenclature se présente sous forme de tableaux comportant quatre colonnes :

- celle de gauche indique le numéro du produit ;
- la deuxième colonne indique la désignation des activités concernées par produits ou par familles de produits ;
- la troisième colonne indique la catégorie de l'installation classée, indispensable pour préparer le dossier en conséquence ;
- la colonne de droite indique le rayon d'affichage en kilomètres (différent du périmètre de sécurité).

■ Contrôle des installations classées

Il est confié à l'Inspection des installations classées. Les inspecteurs visitent et conseillent les entreprises, étudient les dossiers de demande et rédigent des rapports à l'attention du préfet, en vue de l'autorisation accordée.

L'Inspection des installations classées date de 1806 ; précédemment, elle était confiée aux services des mines ou à l'Inspection du travail. Depuis la création du ministère de l'Environnement en 1976, elle est rattachée à ce ministère mais est confiée aux directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE).

■ Sanctions

En cas de non-respect des règles fixées par la législation et les arrêtés préfectoraux ainsi que de fausse déclaration dans les dossiers de demande, le Code de l'environnement prévoit des sanctions : emprisonnement et amende. Le tribunal peut exiger également l'interdiction d'exploitation et la remise en état des lieux.

■ Produits chimiques et biocides

Le Titre II du Livre V du Code de l'environnement concerne les mesures relatives à la commercialisation des produits chimiques. Les producteurs et les distributeurs sont tenus de déclarer à l'administration tout nouveau produit avant sa mise sur le marché. Un dossier technique, indiquant notamment les risques présentés par ces produits et les précautions à prendre, accompagne cette déclaration.

D'autres textes tels que des décrets et des arrêtés apportent des précisions sur l'emballage, l'étiquetage et le transport des produits dangereux par les différentes voies.

Enfin des textes législatifs et réglementaires émanant d'autres ministères (Urbanisme, Finances, Travail, Transport) traitent certains aspects de la prévention des risques chimiques.

C'est notamment le cas de la législation du travail : le Code du travail et les textes qui en sont issus et qui traitent de la prévention des risques professionnels intéressent particulièrement les risques industriels majeurs, dans la mesure où plusieurs aspects, surtout techniques, sont très proches, voire similaires.

2.3 Législation du travail

La spécialisation des métiers, la diversification des activités professionnelles, surtout depuis l'industrialisation et la mécanisation du travail, ont rendu la situation sensiblement difficile à gérer. D'où l'intervention des pouvoirs publics, qui en légiférant et en réglementant les différents aspects du travail, ont essayé de rationaliser la situation des risques, même si en apparence cette action volontaire semble compliquer les choses quelque peu.

En France comme dans la plupart des pays industrialisés, les conditions de travail ont fait l'objet de lois et de règles rendues obligatoires et consignées dans des Codes.

Dès l'Antiquité, les risques à caractère professionnel étaient plus ou moins connus. Lucrèce puis Pline l'Ancien parlent des maladies des mineurs extrayant le mercure et le cinabre. Vers 1700, le médecin italien Ramazzini décrit les maladies des mineurs travaillant dans certaines mines (silicose). Vers 1840, le docteur Willermé dresse un bilan inquiétant de la situation des ouvriers et évoque les conditions de travail de l'époque comme étant à l'origine de certaines maladies. L'industrialisation qui se développe, la naissance d'une classe ouvrière sans véritable protection sociale conduisent les pouvoirs publics à s'intéresser de plus en plus aux risques professionnels et notamment aux nombreux accidents du travail.

Les premières lois à caractère social et intéressant le monde du travail n'apparaissent que vers la fin du XIX^e siècle.

- La loi du 2 novembre 1892 énonce les premières mesures d'hygiène et de sécurité appliquées aux femmes et aux enfants.
- La loi du 9 avril 1898 précise que l'employeur est civilement responsable des accidents survenus dans son entreprise et doit indemniser forfaitairement la victime.

- Le décret du 10 juillet 1913 est le premier texte officiel traitant de la prévention technique. Modifiés à plusieurs reprises depuis, les articles de ce décret sont encore en vigueur actuellement et ont été codifiés depuis plusieurs années.
- La loi du 30 octobre 1946 transfère à la Sécurité sociale, créée l'année précédente, la gestion du risque accidents du travail, à savoir la réparation, la prévention et la tarification.

De très nombreux textes législatifs et réglementaires complètent ces lois et décrets qui font date.

Les autres pays industrialisés d'Europe publient des textes officiels voisins à la même époque.

En 1986, l'Acte unique européen, signé par les pays de la Communauté, précise que le Parlement européen peut arrêter, au moyen de directives, les prescriptions minimales à appliquer progressivement dans les États membres. Ces directives doivent être transposées dans les législations nationales pour qu'elles puissent être appliquées.

La directive Cadre du 12 juin 1989 fixe les règles de base pour améliorer la santé et la sécurité des travailleurs. Une quinzaine de directives spécifiques ont été publiées depuis dans ce domaine.

On peut donc dire que tous les textes parus en France à partir de 1990 sont conformes à ces directives et sont donc comparables aux textes officiels existant dans les autres pays de la Communauté européenne. Leur mise en application reste néanmoins variable d'un pays à l'autre, car elle crée de nombreuses difficultés à surmonter.

Le droit du travail peut être défini comme étant l'ensemble des règles qui s'appliquent aux relations existant entre les individus (personnes physiques) et les entreprises (personnes morales) en milieu professionnel. L'ensemble de ces lois et règlements sont consignés dans le Code du travail ; les autres textes réglementaires tels que décrets, arrêtés, ne figurent pas tous dans ce Code.

Par conséquent, les risques professionnels, faisant partie intégrante du monde du travail, sont consignés dans le Code du travail. Ce dernier ne traite que de la prévention des risques professionnels et tout ce qui s'articule autour, comme la Médecine du travail, le CHSCT, le contrôle des mesures édictées et les pénalités éventuelles.

Le Code de la Sécurité sociale traite de la réparation des conséquences des risques professionnels, à savoir, les accidents du travail et les maladies professionnelles. Par réparations, il faut comprendre l'ensemble des prestations fournies aux travailleurs victimes, donc après l'établissement des faits, suivant des critères bien définis.

Pour pouvoir effectuer ces prestations, il faut d'une part trouver des recettes et d'autre part, chercher à diminuer les frais de réparation en faisant de la prévention. Les recettes sont assurées par les cotisations versées par les employeurs ; le calcul et la gestion de ces recettes relèvent de la tarification. Pour gérer l'ensemble de ces trois missions, le Code de la Sécurité sociale, a défini et mis en place, une organisation parfaitement adaptée aux besoins. Rappelons que ces deux Codes traitent également des domaines autres que la prévention des risques professionnels :

- pour le Code du travail, les contrats de travail et d'apprentissage, les conventions et accords collectifs, les salaires, l'emploi, les repos et congés, les délégués du personnel, les comités d'entreprise, les conflits de travail, le contrôle du respect de ces mesures et les pénalités à appliquer ;
- pour le Code de la Sécurité sociale, les accidents et les maladies, les allocations familiales, les allocations vieillesse (retraites), les missions et fonctionnement des différents organismes de la Sécurité sociale.

Ces deux Codes sont divisés chacun en trois parties : une partie législative, une partie réglementaire et une troisième partie groupant différents textes.

Chaque partie est divisée en livres, titres, chapitres, sections et sous-sections ; chaque sous-section comprend un ou plusieurs articles.

On distingue :

- les articles L (législatifs) contenus dans la première partie et introduits par des textes de loi. Ils énoncent des principes de base, des orientations générales. Leur application directe sur le terrain n'est pas toujours possible car ils peuvent faire souvent l'objet d'interprétations variées ;
- les articles R (réglementaires), introduits par des décrets en conseil d'État ou décrets RAP (règlements d'administration publique). Ils apportent des précisions pour expliciter les articles L dont ils sont issus. Ils peuvent être appliqués directement sur le terrain. En matière de risques professionnels, ces articles sont les plus nombreux et les plus utiles ;
- les articles D (décrets) relativement peu nombreux, correspondant à des décrets d'application pris à partir des articles L et R.

Il existe également un grand nombre d'arrêtés ministériels très précis et relatifs à des problèmes et situations particuliers.

2.3.1 Législation européenne

Une vingtaine de directives et textes de loi proposés par la Commission européenne et approuvés par le Conseil et le Parlement, traite des différents

aspects de la législation du travail et notamment de la prévention des principaux risques professionnels.

Les principales directives qui intéressent les risques chimiques professionnels sont les suivantes :

- **Directive 89/391/CEE du 12 juin 1989** relative à la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs. C'est la directive de base qui énonce les principes de base et introduit toutes les autres directives spécifiques.
- **Directive 89/654/CEE du 30 novembre 1989** relative aux prescriptions minimales de sécurité et de santé pour les lieux de travail.
- **Directive 90/394/CEE du 28 juin 1990** relative à la protection des travailleurs exposés au risque cancérigène au travail.
- **Directive 91/322/CE du 29 mai 1991** relative aux valeurs limites d'exposition.
- **Directive 96/82/CE du 9 décembre 1996** relative à la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses.
- **Directive 98/24/CE du 7 avril 1998** relative à la protection des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur les lieux de travail avec notamment la définition des valeurs limites professionnelles.
- **Directive 99/92/CE du 16 décembre 1999** relative à la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés aux risques d'atmosphères explosives.
- **Directive 2000/39/CE du 8 juin 2000** relative à l'établissement de valeurs limites d'exposition professionnelle (plusieurs autres directives postérieures complètent cette première liste dont les plus récentes, les directives 2006/15/CE du 7 février 2006 et 2006/133/CE du 9 février 2006).
- **Directive 2006/8/CE du 23 janvier 2006** relative aux spécifications des emballages et à l'étiquetage des récipients renfermant des produits dangereux.
- **Directive 2006/15/CE du 7 février 2006** relative aux valeurs limites d'exposition professionnelle.

Toute la législation et la réglementation française actuelles sont conformes à ces directives et respectent les règles et mesures européennes. Bien évidemment, ces directives ne s'appliquent pas telles quelles en France, les directives européennes s'adressent aux différents gouvernements qui doivent transcrire dans leur législation les mesures énoncées par la Commission et le Conseil européens. C'est pour cette raison que seuls les textes officiels français seront présentés en détail.

2.3.2 Législation française

■ Généralités

L'homme depuis toujours, a été exposé à des risques nombreux et variés, dans les différentes phases de sa vie. Simultanément, il a toujours été exposé à des situations dangereuses auxquelles il a fait face, en cherchant à les maîtriser et à les prévenir. La prévention, consciente ou inconsciente, a toujours accompagné les risques.

Il en est de même pour les risques professionnels, autrement dit, les risques survenus lors du travail, activité indispensable à la grande majorité des êtres humains pour subvenir à leurs besoins.

■ Code du travail

L'essentiel des articles L, R et D, concernant la prévention des risques professionnels en France, est consigné dans :

- le Livre II : réglementation du travail ;
- le Titre III : hygiène, sécurité et conditions de travail.

Ces articles traitent de l'ensemble des risques professionnels dont les risques chimiques qui font l'objet :

- chapitre I^{er} : dispositions générales ;
- section V : prévention du risque chimique.

Le tableau 2.5 montre les différentes parties du Code du travail, traitant des risques chimiques.

Tableau 2.5 – Code du travail, Livre II, Titre III « Hygiène, sécurité et conditions de travail ».

Chapitre préliminaire : Principes généraux de prévention	L. 230-1 à L. 230-5
Chapitre I : Dispositions générales	L. 231-1 à L. 231-13
	R. 231-1 à R. 231-135
Section I : Comité d'hygiène et de sécurité	–
Section II : Pouvoirs de l'Inspection du travail	R. 231-12 à R. 231-13-1
Section III : Organes consultatifs centraux	R. 231-14 à R. 231-31

Section IV : Formation à la sécurité	R. 231-32 à R. 231-45
Section V : Prévention du risque chimique	R. 231-51 à R. 231-58-2
Sous-section 1 : Principes de classement des substances et des préparations dangereuses	R. 231-51
Sous-section 2 : Déclarations des substances et préparations	R. 231-52 à R. 231-52-18
Sous-section 3 : Information sur les risques présentés par les produits chimiques	R. 231-53 et R. 231-53-4
Sous-section 4 : Règles générales de prévention du risque chimique	R. 231-54 à R. 231-54-7
Sous-section 5 : Contrôle du risque chimique sur les lieux de travail	R. 231-55 à R. 231-55-6
Sous-section 6 : Règles particulières de prévention du risque cancérigène	R. 231-56 à R. 231-56-12
Sous-section 7 : Dispositions d'urgence	R. 231-57
Sous-section 8 : Mesures d'application	R. 231-58 à R. 231-58-7
Section V bis : Mesures particulières de protection contre les risques liés à l'amiante	R. 231-59 à R. 231-59-18
Section VI : Prévention du risque biologique	R. 231-60 à R. 231-65-3
Section VII : Manutention des charges	R. 231-66 à R. 231-72
Chapitre II : Hygiène-aménagement des lieux de travail-prévention des incendies	L. 232-1 à L. 232-3
	R. 232-1 à R. 232-14-1
Section IV : Prévention des incendies-évacuation	R. 232-12 à R. 232-12-29
Chapitre III : Sécurité	L. 233-1 à L. 233-7
	R. 233-1 à R. 233-157
	D. 233-1 à D. 233-9

Chapitre IV : Dispositions particulières aux femmes et aux jeunes travailleurs	L. 234-1 à L. 234-6
	R. 234-1 à R. 234-23
Chapitre V : Dispositions particulières applicables aux opérations de bâtiment et de génie civil	L. 235-1 à L. 235-19
	R. 235-1 à R. 235-5
Chapitre VI : Comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail	L. 236-1 à L. 236-13
	R. 236-1 à R. 236-42
Chapitre VII : Prescriptions particulières d'hygiène et de sécurité applicables aux travaux effectués dans un établissement par une entreprise extérieure	R. 237-1 à R. 237-28
Chapitre VIII : Dispositions particulières relatives à la coordination pour certaines opérations de bâtiment et de génie civil	R. 238-1 à R. 238-56
Titre IV : Médecine du travail	L. 241-1 à L. 241-11
	R. 241-1 à R. 243-15
Titre VI : Pénalités	L. 260-1 à L. 265-1
	R. 260-1 à R. 265-1

Dans ce qui suit, seuls les textes les plus importants sur le plan applicatif et traitant directement ou indirectement des risques chimiques seront cités et feront l'objet d'une présentation succincte, certains points étant développés dans les chapitres spécialisés ultérieurs.

Articles législatifs

Ces articles sont donnés dans le chapitre préliminaire du Titre III et la transposition dans le droit français de la directive européenne du 12 juin 1989. L'article L. 230.2, énonce les principes généraux de prévention.

« I. Le chef d'établissement prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs de l'établissement, y compris les travailleurs temporaires. Ces mesures comprennent des actions de prévention des risques professionnels, d'information et de formation ainsi que la mise en place d'une organisation et de moyens adaptés. Il veille à l'adaptation de ces

mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes.

Sans préjudice des autres dispositions du présent code, lorsque dans un même lieu de travail, les travailleurs de plusieurs entreprises sont présents, les employeurs doivent coopérer à la mise en œuvre des dispositions relatives à la sécurité, à l'hygiène et à la santé selon des conditions et des modalités définies par décret en conseil d'État. »

« II. Le chef d'établissement met en œuvre les mesures prévues au § I ci-dessus sur la base des principes généraux de prévention suivants :

- a) éviter les risques ;
- b) évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- c) combattre les risques à la source ;
- d) adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
- e) tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
- f) remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;
- g) planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants ;
- h) prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
- i) donner les instructions appropriées aux travailleurs. »

« III. Sans préjudice des autres dispositions du présent code, le chef d'établissement doit, compte tenu de la nature des activités de l'établissement :

- a) évaluer les risques pour la sécurité et la santé des travailleurs, y compris dans le choix des procédés de fabrication, des équipements de travail, des substances ou préparations chimiques, dans l'aménagement ou le réaménagement des lieux de travail ou des installations et dans la définition des postes de travail ; à la suite de cette évaluation et en tant que de besoins, les actions de prévention ainsi que les méthodes de travail et de production mises en œuvre par l'employeur doivent garantir un meilleur niveau de protection de la sécurité et de la santé des travailleurs et être intégrées dans l'ensemble de l'activité de l'établissement et à tous les niveaux de l'encadrement ;

b) lorsqu'il confie des tâches à un travailleur, prendre en considération les capacités de l'intéressé à mettre en œuvre les précautions nécessaires pour la sécurité et la santé. »

Ces principes s'appliquent à tous les risques professionnels, sauf ceux existant dans les entreprises mentionnées au chapitre I^{er} du Titre III : dispositions générales, comme par exemple les mines et carrières, les transports par fer, par route, par eau et par air, pour lesquels il existe des réglementations spécifiques.

Par contre, ces principes s'appliquent aux établissements agricoles.

- a) **Éviter les risques** suppose la suppression de la source du risque, ce qui revient à éliminer le produit dangereux et le remplacer éventuellement par un autre qui ne l'est pas. Cette solution n'est pas toujours possible dans l'industrie, ce qui conduit à l'énoncé des autres principes. Supprimer les dérivés du plomb dans les peintures et les encres, remplacer le flochage d'amiante par la fibre de verre, utiliser des solvants exempts de benzène, sont autant de mesures concrètes qui respectent ce principe.
- b) **Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités.** C'est la suite logique du premier principe. Il y a lieu d'évaluer par différentes méthodes, la nature et l'importance du risque. Ce point fait l'objet du chapitre 6 de l'ouvrage.
- c) **Combattre les risques à la source.** C'est un principe important surtout dans le cas de risques graves. Attaquer à la source, à l'origine même de la pollution, est certainement la meilleure solution pour éviter tout risque de fuites de produits dangereux. Le captage à la source (voir chapitre 7) est l'illustration de ce principe.
- d) **Adapter le travail à l'homme.** Il s'agit plutôt de l'aspect ergonomique et concerne essentiellement les conditions de travail et la prévention de certaines maladies tels que les troubles musculosquelettiques. En ce qui concerne les risques chimiques, ce principe se traduit par l'adaptation des équipements de protection individuelle à la nature du risque ainsi que l'aménagement des postes de travail.
- e) **Tenir compte de l'état d'évolution de la technique.** Les techniques évoluent ; de nouveaux procédés, de nouveaux produits apparaissent sur le marché et sont accompagnés souvent de risques inconnus jusqu'alors. La prévention suppose la mise en place des équipements de production et de sécurité plus efficaces. Le développement de l'emploi de produits organiques suspectés d'être cancérigènes nécessite des mesures de prévention souvent inédites et en tout cas plus sophistiquées.
- f) **Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux.** C'est également un principe couramment appliqué qui sera développé au chapitre 7. Il est une variante du (a) :

remplacer un produit dangereux par un autre moins dangereux revient à supprimer ou à atténuer le risque.

- g) **Planifier la prévention en y intégrant...** Il s'agit plutôt d'un principe à caractère général, qui intègre plusieurs facteurs sociaux et techniques afin d'améliorer les conditions de travail et indirectement agir sur la sécurité.
- h) **Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.** La prévention collective doit toujours être préférée à la protection individuelle.
- i) **Donner les instructions appropriées aux travailleurs.** Ce principe est d'une grande importance dans la prévention des risques chimiques. Des erreurs glissées dans les processus de fabrication, dues à l'absence de consignes claires et précises, sont à l'origine de nombreux accidents. Il suffit souvent de quelques données, affichées aux postes de travail, pour supprimer tout risque d'explosion ou d'intoxication.

L'article L. 231-6 énonce un principe très important, celui de l'étiquetage des récipients contenant des produits chimiques dangereux : « Sans préjudice de l'application des autres dispositions législatives et réglementaires, les vendeurs ou distributeurs de substances ou de préparations dangereuses, ainsi que les chefs des établissements où il en est fait usage, sont tenus d'apposer sur tout récipient, sac ou enveloppe contenant ces substances ou préparations, une inscription indiquant le nom et l'origine de ces substances ou préparations et les dangers que présente leur emploi... »

Il n'y a pas d'articles réglementaires correspondant à ce point précis. En revanche plusieurs décrets importants donnent les précisions nécessaires pour l'étiquetage des produits dangereux (voir chapitre 6).

L'article L. 231-7 précise : « Dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail, peuvent être limitées, réglementées ou interdites, la fabrication, la mise en vente, la vente, l'importation, la cession à quelque titre que ce soit, l'emploi des substances et préparations dangereuses pour les travailleurs... ».

Toutes les mesures de prévention, introduites par les articles R et D ainsi que les décrets et arrêtés d'application s'inspirent de ces principes généraux.

Les chapitres II, III, IV et V énoncent les mesures générales de prévention, reprises par les articles R et D.

Articles réglementaires

L'essentiel des mesures de prévention des risques chimiques professionnels figure dans la section V, du chapitre I^{er} du Titre III, du Livre II de la 2^e partie : décrets en conseil d'État. Ces articles sont conformes aux directives européennes.

Cette section V se compose de 8 sous-sections spécialisées chacune sur un aspect particulier de la prévention du risque chimique. Elle comporte les articles R. 231-46 à R. 231-59, plusieurs de ces articles étant à leur tour subdivisés en sous-articles.

Nous allons détailler les différentes sous-sections.

Sous-section 1 : principes de classement des substances et des préparations dangereuses

Elle comporte un seul article, le R. 231-51 qui est fondamental car il divise les substances et les préparations dangereuses en 16 catégories. Ce point sera développé aux chapitres 4, 5 et 7 de l'ouvrage.

Cet article définit les termes substances et préparations dangereuses.

« Au sens de la présente section, on entend par substances, les éléments chimiques et leurs composés tels qu'ils se présentent à l'état naturel ou tels qu'ils sont obtenus par tout procédé de production contenant éventuellement tout additif nécessaire pour préserver la stabilité du produit et toute impureté résultant du procédé, à l'exclusion de tout solvant pouvant être séparé sans affecter la stabilité de la substance ni modifier sa composition.

On entend par préparation, les mélanges ou solutions composés de deux substances ou plus.

Sont considérées comme dangereuses, au sens de la présente section, les substances et préparations correspondant aux catégories suivantes » :

a) explosibles	}	Risques d'incendie-explosion
b) comburantes		
c) extrêmement inflammables		
d) facilement inflammables		
e) inflammables		

f) très toxiques	}	Risques d'intoxication
g) toxiques		
h) nocives		
i) corrosives		
j) irritantes		
k) sensibilisantes		
l) cancérogènes		
m) mutagènes		
n) toxiques pour la reproduction		
o) dangereuses pour l'environnement		

Sous-section 2 : déclaration des substances et préparations

Articles R. 231-52-0 à R. 231-52-18.

L'article R. 231-52 énonce : « Indépendamment de la déclaration prévue à l'article 3 de la loi n° 77-771 du 12 juillet 1977, sur le contrôle des produits chimiques, tout fabricant ou importateur d'une telle substance chimique, doit fournir à un organisme agréé par le ministre chargé du travail et par le ministre chargé de l'agriculture, les informations mentionnées au 3^e alinéa de l'article L. 231-7 avant de mettre cette substance sur le marché soit en l'état, soit au sein d'une préparation lorsque cette substance ou cette préparation est susceptible d'être utilisée dans les établissements soumis aux dispositions du titre III du livre II du présent Code... »

Ces dispositions ne s'appliquent pas aux catégories de substances suivantes :

- ingrédients actifs pour les médicaments à usage humain ou vétérinaire ;
- substances contenues dans les produits cosmétiques ;
- substances contenues dans les déchets ;
- substances destinées à l'alimentation animale ;
- substances entrant dans les produits antiparasitaires à usage agricole ;
- substances radioactives ;
- substances utilisées comme additifs alimentaires.

Cette exclusion s'explique par l'existence, pour ces produits, d'une législation particulière (Code de la santé publique, Code de l'environnement, Code rural). Les modalités pratiques de ces articles sont détaillées au chapitre 6 de l'ouvrage. Plusieurs articles traitent des conditions de déclaration de ces produits aux organismes agréés, la constitution du dossier remis à ces mêmes organismes et les obligations de ces derniers dans la divulgation du contenu du déclarant. Ces organismes agréés sont obligés de fournir ces renseignements aux inspecteurs du travail, aux médecins du travail et aux ingénieurs-conseils des CRAM.

Sous-section 3 : informations sur les risques présentés par les produits chimiques

Articles R. 231-53-0 et R. 231-53-4.

L'article R. 231-53-0 précise : « Les fabricants, importateurs ou vendeurs portent à la connaissance des chefs d'établissement et travailleurs indépendants, utilisateurs de substances ou préparations dangereuses, les renseignements nécessaires à la prévention et à la sécurité par une fiche de données de sécurité concernant les dits produits tels qu'ils sont mis sur le marché. Ces fiches de données de sécurité doivent être transmises par le chef d'établissement au médecin du travail... »

Sous-section 4 : règles générales de prévention du risque chimique

Articles R. 231-54-0 à R. 231-54-7.

Il s'agit de mesures générales applicables à l'ensemble des entreprises utilisant des produits chimiques dangereux ; elles s'inspirent pour la plupart des principes généraux de prévention.

Sous-section 5 : contrôle des risques chimiques sur les lieux de travail

Articles R. 231-55-0 à R. 231-55-6.

L'article R. 231-55-0 précise : « Les contrôles techniques destinés à vérifier le respect des valeurs limites de concentration fixées en application de l'article L. 231-7 pour certaines substances ou préparations chimiques telles que certains gaz, aérosols, liquides, vapeurs ou poussières, sont effectuées par des organismes agréés par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture. Cet arrêté fixe la durée et les conditions de l'agrément... Leur agrément est révoquant ».

Les organismes agréés pour effectuer ces contrôles sont soumis à un certain nombre d'obligations. L'agrément est accordé pour une durée limitée et reste révoquant à tout moment.

Sous-section 6 : règles particulières de prévention du risque cancérigène

Articles R. 231-56-0 à R. 231-56-12.

Compte tenu de l'importance de ce risque, tant par sa gravité que par sa fréquence actuelle, une sous-section particulière a été consacrée sur la prévention dans l'emploi des produits cancérigènes.

Il n'y a pas dans ce domaine de mesures originales, mais plutôt un renforcement des mesures énoncées dans les principes généraux de prévention.

L'article R. 231-56-0 définit le terme agent cancérigène : « ...est considéré comme agent cancérigène, toute substance ou toute préparation visée au 1 de l'article R. 231-51 pour laquelle l'étiquetage prévu par l'article L. 231-6 comporte une mention indiquant explicitement son caractère cancérigène, ainsi que toute substance, toute préparation ou tout procédé défini comme tel, par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture ».

L'accent est mis sur la nécessité de remplacer les substances cancérigènes, de réduire les quantités utilisées et le nombre de travailleurs susceptibles d'être exposés, l'information des travailleurs sur ce risque, les équipements de protection individuelle, l'hygiène générale, l'avis du médecin du travail et la constitution d'un dossier médical particulier.

Sous-section 7 : dispositions d'urgence

L'unique article R. 231-57 indique : « En cas d'urgence motivée par un grave danger pour les travailleurs, le ministre chargé du travail peut, par arrêtés, limiter, réglementer ou interdire la commercialisation ou l'utilisation à quelque titre que ce soit ainsi que l'emploi de la substance ou préparation dangereuse, sans recueillir l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels. La durée de validité de ces arrêtés ne peut excéder six mois non renouvelables. Elle peut toutefois être portée à douze mois, après avis du Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels ».

Sous-section 8 : mesures d'application

Articles R. 231-58-0 à R. 231-58-7.

Elle concerne l'application pratique du contrôle du risque chimique, le rôle de l'inspecteur du travail et du chef d'entreprise.

Section V bis : mesures particulières de protection contre les risques liés à l'amiante

Cette section a été ajoutée en 2006 dans le cadre de la transposition des nouvelles directives ; elle concerne les risques présentés par l'amiante lors des travaux de confinement et de retrait de l'amiante et lors des travaux sur les matériaux susceptibles d'émettre des poussières d'amiante. Les trois sous-sections de cette section traitent de la formation à la sécurité des travailleurs par des organismes agréés, de l'évaluation obligatoire des risques et notamment de la recherche d'amiante dans les matériaux et l'air respiré, de la détermination des modes opératoires par les chefs d'entreprises. Les paramètres de travail et les modes opératoires seront soumis pour avis aux médecins du travail et aux CHSCT et remis à l'Inspection du travail et aux services de prévention des CRAM.

Chapitre II : hygiène, aménagement des lieux de travail et prévention des incendies

Ce chapitre traite essentiellement de l'aménagement des ateliers en général en vue d'améliorer l'ambiance et les conditions de travail.

La section IV (article R. 232-12-0 à R. 232-12-22) est consacrée aux moyens de prévention et de lutte contre l'incendie. Elle traite :

- de l'aménagement des locaux, des dégagements et des issues de secours ;
- de l'effectif des travailleurs présents ;

- du chauffage des locaux ;
- de l'emploi des matières inflammables (risques d'explosion).

L'article R. 232-12-17 précise : « Les chefs d'établissement doivent prendre les mesures nécessaires pour que tout commencement d'incendie puisse être rapidement et efficacement combattu dans l'intérêt du sauvetage du personnel. Le premier secours est assuré par des extincteurs en nombre suffisant et maintenus en bon état de fonctionnement... »

Chapitre III, section IV

Elle traite de l'organisation et des conditions d'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI) et du rôle du chef d'entreprise dans ce domaine (articles R. 233-42 à 44).

Il est rappelé que ces équipements EPI sont couramment utilisés lors de la manipulation des produits chimiques dangereux, quelles que soient les mesures de prévention collective mises en œuvre.

Chapitre IV, sections III et IV

Ces sections indiquent notamment l'interdiction faite aux femmes et aux jeunes de moins de 18 ans, de manipuler certains produits dangereux (articles R. 234-9 et R. 234-23).

Chapitre VI

Les articles de ce chapitre sont entièrement consacrés au fonctionnement, à la composition, à la formation des membres ainsi qu'à la mission et au rôle dans la prévention des risques professionnels, des comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT) dans les entreprises.

Le CHSCT est une institution particulièrement importante pour la prévention des risques professionnels dans l'entreprise même.

Ses missions sont définies par l'article L. 236-2 : il «...a pour mission de contribuer à la protection de la santé et de la sécurité des salariés de l'établissement et de ceux mis à sa disposition par une entreprise extérieure y compris les travailleurs temporaires, ainsi qu'à l'amélioration des conditions de travail... Il a également pour mission de veiller à l'observation des prescriptions législatives et réglementaires prises en ces matières... »

Par les analyses des risques, par les enquêtes auxquelles il procède après accidents et à l'inspection périodique des différents ateliers, par les avis qu'il donne sur les différents documents, règlements intérieurs et autres décisions

concernant l'hygiène et la sécurité des travailleurs, le CHSCT contribue très largement à la prévention des risques professionnels dans les locaux de travail. Au cours des réunions périodiques, le chef d'entreprise ou son préposé, le responsable de sécurité, le médecin du travail, l'inspecteur du travail et l'agent des CRAM ainsi que les représentants des salariés peuvent échanger des idées, donner leurs avis et contribuer ainsi à l'amélioration des conditions de travail en général. Les représentants des salariés au CHSCT, par les contacts qu'ils peuvent avoir avec les opérateurs aux différents postes de travail, apportent des informations précieuses pour faire avancer l'hygiène et la sécurité dans l'entreprise.

Les entreprises de plus de 50 salariés sont tenues d'avoir un CHSCT ; pour les établissements de moins de 50 salariés, ce sont les délégués du personnel qui assurent ces missions. Dans certains cas, l'inspecteur du travail peut imposer à une entreprise, s'il le juge utile, la création d'un CHSCT.

Un CHSCT qui fonctionne bien et remplit pleinement sa mission se traduit par une bonne prévention des risques professionnels dans l'entreprise et par conséquent une faible accidentabilité.

■ Les autres textes du Code du travail

Livre II, Titre IV : Médecine du travail

La Médecine du travail joue un rôle important dans la détection et la prévention, tant médicale que technique, des risques chimiques qui sont à l'origine de nombreuses pathologies.

Les différents articles L et R précisent :

- le champ d'application de la Médecine du travail (qui inclut également le domaine des transports) ;
- la formation ;
- les statuts des agents des services médicaux (ils sont rémunérés par les entreprises) ;
- les services médicaux des entreprises et les services interentreprises : leur organisation et leur fonctionnement ;
- leurs missions.

Les articles R. 241-41 à R. 241-58 définissent les différentes missions des services médicaux du travail dirigés par les médecins du travail.

L'article R. 241-41 précise : « Le médecin du travail est le conseiller du chef d'entreprise ou de son représentant, des salariés, des représentants du personnel, des services sociaux, en ce qui concerne notamment :

1. l'amélioration des conditions de vie et de travail dans l'entreprise ;
2. l'adaptation des postes, des techniques et des rythmes de travail à la physiologie humaine ;
3. la protection des salariés contre l'ensemble des nuisances, et notamment contre les risques d'accidents du travail ou d'utilisation des produits dangereux ;
4. l'hygiène générale de l'établissement ;
5. l'hygiène dans le service de restauration ;
6. la prévention et l'éducation sanitaire dans le cadre de l'établissement en rapport avec l'activité professionnelle.

Afin d'exercer ces missions, le médecin du travail conduit des actions sur le milieu de travail et procède à des examens médicaux.

Le médecin du travail doit être associé à l'étude de toute nouvelle technique de production (aménagement, modifications apportées aux équipements). Il reste le conseiller du chef d'entreprise pour tout ce qui concerne l'hygiène et la sécurité des travailleurs.

Livre II, Titre VI : pénalités

Les chefs d'entreprise sont civilement responsables des condamnations prononcées. Deux situations sont à envisager en cas de non-respect des mesures demandées par le Code du travail :

- en l'absence d'accidents corporels, seule la responsabilité civile de l'entreprise est engagée ;
- en cas d'accidents corporels, l'entreprise est également responsable au pénal.

Code de la Sécurité sociale

Le Code de la Sécurité sociale ne traite pas de la prévention technique des risques professionnels comme c'est le cas du Code du travail. Mais il a mis en place une organisation de prévention en confiant cette mission aux caisses régionales d'assurance maladie (CRAM).

Dans le cadre de la réparation des accidents du travail et des maladies professionnelles, c'est le Livre IV du Code de la Sécurité sociale qui traite essentiellement de ce problème.

Articles généraux

L'article L. 111-0 énonce le principe de base de la Sécurité sociale : « L'organisation de la Sécurité sociale est fondée sur le principe de la solida-

rité nationale. Elle garantit les travailleurs et leurs familles contre les risques de toute nature susceptibles de réduire ou de supprimer leur capacité de gain. Elle couvre également les charges de maternité et les charges de famille... »

L'article L. 111-1 précise l'organisation générale de la Sécurité sociale divisée en deux régimes distincts :

- le régime général (cas des entreprises industrielles et de services) ;
- le régime agricole (entreprises relevant de l'agriculture).

L'article L. 200-2 distingue quatre branches pour le régime général :

- maladie, maternité, invalidité et décès ;
- accidents du travail et maladies professionnelles ;
- vieillesse et veuvage (retraites) ;
- famille (allocations diverses).

Les articles L. 215-1 à L. 215-4 précisent les différentes missions des CRAM avec les particularités pour la CRAM d'Île-de-France et d'Alsace.

L'article L. 221-1 précise : « La Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS) a pour rôle de définir et de mettre en œuvre les mesures de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi que de concourir à la détermination des recettes nécessaires au maintien de l'équilibre de cette branche... de promouvoir une action de prévention, d'éducation et d'information de nature à améliorer l'état de santé de ses ressortissants... »

Le Titre IV du Livre II, traite des ressources. L'article L. 241-5 précise : « Les cotisations dues au titre des accidents du travail et des maladies professionnelles sont à la charge exclusive des employeurs. Elles sont assises sur les rémunérations ou gains des salariés ».

Livre IV : accidents du travail et maladies professionnelles

Le plan détaillé du Livre IV est donné par le tableau 2.6. On y trouve également les correspondances entre articles L, R et D.

Tableau 2.6 – Livre IV du Code de la Sécurité sociale – Accidents du travail et maladies professionnelles.

Titre I : Généralités – Dispositions propres à certains bénéficiaires	
Chapitre 1 : Définitions : Accidents du travail et accidents du trajet	L. 411-1 et L. 411-2
Chapitre 2 : Champ d'application	
Section 1 : Dispositions générales relatives au champ d'application	L. 412-1 et L. 412-2
Section 2 : Dispositions applicables aux salariés liés par un contrat de travail temporaire	L. 412-3 à L. 412-7 R. 412-1 et R. 412-2
Section 3 : Dispositions applicables à diverses catégories de bénéficiaires	L. 412-8 à L. 412-9 R. 412-3 à R. 412-20 D. 412-1 à D. 412-99-2
Chapitre 3 : Dispositions applicables aux personnes indemnisées en application de textes particuliers. Régimes distincts	L. 413-1 à L. 413-14 R. 413-1 à R. 413-25 D. 413-1 à D. 413-12
Titre II : Prévention	
Chapitre 1 : Organisation	
Section 1 : Dispositions générales	L. 421-1 et L. 421-2 R. 421-1 à R. 421-4
Section 2 : Fonds de prévention des accidents du travail	R. 421-5 et R. 421-6
Section 3 : Comités techniques nationaux et régionaux	R. 421-7 à R. 421-14
Chapitre 2 : Attributions des organismes	
Section 1 : Attributions de la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés	L. 422-1 R. 422-1 et R. 422-2

Section 2 : Attributions des caisses régionales d'assurance maladie	L. 422-2 à L. 422-5
	R. 422-3 à R. 422-9
	D. 422-1
Titre III : Prestations	
Chapitre 1 : Dispositions générales	L. 431-1 à L. 431-3
	R. 431-1 et R. 431-2
Chapitre 2 : Prestations en nature	L. 432-1 à L. 432-11
	R. 432-1 à R. 432-10
	D. 432-1 à D. 432-14
Chapitre 3 : Indemnisation de l'incapacité temporaire	L. 433-1 à L. 433-4
	R. 433-1 à R. 433-17
	D. 433-1
Chapitre 4 : Indemnisation de l'incapacité permanente	L. 434-1 à L. 434-21
	R. 434-1 à R. 434-35
	D. 434-1
Chapitre 5 : Frais funéraires	L. 435-1 et L. 435-2
	D. 435-1 et D. 435-2
Chapitre 6 : Dispositions communes aux prestations en espèces	L. 436-1
	R. 436-1 à R. 436-6
Chapitre 7 : Fonds commun des accidents du travail survenus dans la métropole	L. 437-1
	R. 437-1

Titre IV : Procédures, révision, rechute, accidents survenus hors du territoire métropolitain	
Chapitre 1 : Déclarations et formalités	L. 441-1 à L. 441-6
	R. 441-1 à R. 441-16
	D. 441-1 à D. 441-4
Chapitre 2 : Enquêtes, expertises, contrôle, dispositions diverses	L. 442-1 à L. 442-8
	R. 442-1 à R. 442-26
Chapitre 3 : Révision, rechute	L. 443-1 et L. 443-2
	R. 443-1 à R. 443-7
	D. 443-1
Chapitre 4 : Accidents survenus hors du territoire métropolitain	L. 444-1
	R. 444-1 à R. 444-7
Titre V : Faute de l'assuré ou d'un tiers	
Chapitre 1 : Dispositions générales	L. 451-1
Chapitre 2 : Faute inexcusable ou intentionnelle de l'employeur	L. 452-1 à L. 452-5
	R. 452-1 à R. 452-2
Chapitre 3 : Faute inexcusable ou intentionnelle de la victime	L. 453-1
Chapitre 4 : Faute d'un tiers	L. 454-1 et R. 454-1
Chapitre 5 : Dispositions diverses	L. 455-1 à L. 455-3
Titre VI : Dispositions concernant les maladies professionnelles	L. 461-1 à L. 461-8
	R. 461-1 à R. 461-9
	D. 461-1 à D. 461-38

Titre VII : Sanctions	L. 471-1 à L. 471-4
	R. 471-1 à R. 471-5
Titre VIII : Dispositions communes avec d'autres branches. Dispositions diverses d'application	
Chapitre 1 : Dispositions communes aux assurances sociales et aux accidents du travail	L. 481-1 et L. 481-2
	R. 481-1 à R. 481-11
Chapitre 2 : Dispositions diverses et d'application	L. 482-1 à L. 482-5
	R. 482-1 à R. 482-3
	D. 482-1

Le Titre II (articles L et R) concerne plus particulièrement la prévention des risques professionnels. Il précise le rôle, les missions, l'organisation et le fonctionnement des différents organismes de la Sécurité sociale qui relèvent tous du droit privé.

Les articles L. 422-4 et L. 422-5 sont particulièrement importants car ils définissent le rôle et le mode d'intervention du service Prévention des CRAM.

Des décrets, arrêtés et circulaires détaillent et apportent des précisions supplémentaires relatives à ces interventions.

Article L. 422-4. La caisse régionale peut :

1. Inviter tout employeur à prendre toutes mesures justifiées de prévention, sauf recours de l'employeur à l'autorité compétente de l'État qui doit saisir et se prononcer dans les délais qui sont fixés par voie réglementaire.
2. Demander l'intervention de l'Inspection du travail pour assurer l'application des mesures prévues par la législation et la réglementation du travail.
3. Adopter des dispositions générales de prévention applicables à l'ensemble des employeurs qui, dans sa circonscription, exercent une même activité ou utilisent les mêmes types de machines ou de procédés. Les dites dispositions n'entrent en vigueur qu'après avoir été homologuées par les autorités compétentes de l'État. Lorsque la caisse régionale impose une cotisation supplémentaire, en vertu des dispositions de l'article L. 242-7 du présent Code en dehors du cas d'infraction constatée en application de l'article

L. 611-10 du Code du travail, l'envoi d'une injonction préalable n'est pas exigé dans les circonstances suivantes :

- imposition découlant de la méconnaissance de dispositions générales étendues dans les conditions prévues à l'article L. 422-1, à moins que l'arrêté d'extension n'en dispose autrement ;
- imposition d'une cotisation supplémentaire plus élevée pour récidive dans un délai déterminé ou pour persistance, après expiration du délai imparti pour y remédier, de la situation qui a donné lieu à l'imposition de la cotisation supplémentaire.

Article L. 422-5 (lois n° 87-39 du 27 janvier 1987). Dans une limite fixée par voie réglementaire, des avances peuvent être accordées par la caisse régionale aux entreprises qui souscrivent aux conditions de la convention d'objectifs, préalablement approuvées par la Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés et fixant un programme d'actions de prévention spécifique à leur branche d'activité. Ces avances pourront être acquises aux entreprises dans les conditions prévues par la convention.

Les articles L. 411-1 à L. 412-10 ainsi que R. 411-1 à R. 412-18 du Titre I traitent des dispositions générales relatives aux accidents du travail seuls : définition, dispositions applicables aux salariés des différentes catégories.

Les articles du Titre VI traitent des maladies professionnelles. Les articles L. 461-1 à L. 461-8 et R. 461-1 à R. 461-9 concernent les dispositions générales et introduisent les tableaux des maladies professionnelles.

Ce sont les articles D. 461-1 à D. 461-38 qui détaillent toutes les dispositions pratiques concernant les procédures de déclaration, de reconnaissance et les indemnités éventuelles. Les articles D. 461-27 à D. 461-38 traitent notamment du comité régional de reconnaissance des maladies professionnelles.

□ Livre II, Titre IV : ressources

L'article L. 241-5-0 précise : « Les cotisations dues au titre des accidents du travail et des maladies professionnelles sont à la charge exclusive des employeurs. Elles sont assises sur les rémunérations ou gains des salariés ».

Les articles L. 242-1 à L. 242-1-7 traitent des dispositions générales relatives aux cotisations.

Les articles R. 242-0 à R. 242-6-3 exposent les modalités pratiques d'application des cotisations.

Les articles D. 242-6-0 à D. 242-6-18 apportent les précisions nécessaires au calcul des taux de cotisation.

L'article D. 242-6-1 indique : « Le taux de la cotisation due au titre des accidents du travail et des maladies professionnelles est déterminé par établissement. Le classement de l'établissement dans une catégorie de risques est effectué en fonction de l'activité exercée selon une nomenclature des risques et des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de la Sécurité sociale ».

L'article D. 242-6-2 précise : « Le taux net de cotisation est constitué par le taux brut affecté de trois majorations, dans les conditions prévues par les articles D. 242-6-3 et D. 242-6-4 ci-après ».

Le Titre III du Livre IV traite des prestations en général dont celles des accidents du travail et maladies professionnelles.

Les autres titres du Livre IV peuvent intéresser également la prévention des risques professionnels :

- Titre IV : révisions et rechutes ;
- Titre V : fautes commises ;
- Titre VII : sanctions.

Le contentieux particulier à la Sécurité sociale est traité dans le Titre IV du Livre I.

■ Textes officiels émanant d'autres ministères

Différents ministères autres que celui du Travail et des Affaires sociales ont incorporé, dans leur Code ou sous forme de textes officiels, certains aspects de la prévention des risques en général et notamment les risques chimiques.

Les principaux sont les suivants.

Ministère de l'Intérieur

La plupart des textes concernent les risques d'incendie dans les établissements recevant du public (arrêté du 25 juin 1980). Plusieurs notes techniques traitent également de cet aspect.

La sécurité incendie fait partie également du Code de la construction et de l'habitation.

Ministère de l'Environnement

Les mesures techniques établies par ce ministère concernent les risques similaires à ceux rencontrés dans les entreprises.

Le décret du 2 octobre 1992 traite de la mise sur le marché, de l'utilisation et de l'élimination sous forme de déchets de certains produits dangereux particuliers.

Le décret du 27 juillet 1994 concerne la limitation, la mise sur le marché et l'emploi de certains produits toxiques comme le cadmium, le mercure.

L'arrêté du 7 août 1997 est relatif à la limitation de mise sur le marché et de l'emploi de produits cancérigènes dérivés de la houille.

L'arrêté du 31 octobre 1985 est relatif à la procédure de contrôle des produits chimiques commercialisés en France.

Ministère des Transports

Un important dossier est consacré au transport des matières dangereuses par fer, par route, par voie d'eau ou par air. De très nombreuses règles à caractère administratif ou technique, souvent spécifiques à certains produits dangereux, sont édictées.

Un étiquetage spécifique assez voisin de celui du Code du travail a été mis en place.

Autres ministères

Plusieurs arrêtés émanant du ministère de l'Industrie traite de l'exploitation et de l'aménagement des dépôts d'hydrocarbure, des raffineries et des usines pétrochimiques. C'est principalement le risque d'incendie-explosion qui est visé.

Le Code du travail s'applique au monde agricole : établissements agricoles, agroalimentaires et alimentaires. Le ministère de l'Agriculture y a apporté quelques aménagements.

2.4 Législation des risques de la vie courante

Comme nous l'avons signalé au début du chapitre, il n'existe pas de textes officiels traitant spécifiquement des risques de la vie courante, par exemple un code, des lois ou des décrets. Par contre, en ce qui concerne les risques chimiques rencontrés dans la vie courante, de nombreux textes peuvent s'appliquer pour la prévention des accidents qui peuvent en résulter.

Les principales familles de produits dangereux utilisés dans la vie quotidienne tant à la maison qu'à l'extérieur, sont :

- les produits de nettoyage et d'entretien,
- les médicaments,

- les cosmétiques,
- les peintures et vernis,
- les diluants et solvants.

Plusieurs textes relatifs à ces produits concernent la prévention des risques chimiques de la vie courante. Les principaux sont les suivants :

- Code de l'environnement, Livre V, Titre II « Produits chimiques et biocides ».
- Code du travail, Livre II, Titre III, Chapitre I, section V, sous-section 2 « Déclaration des substances et préparations » et sous-section 3 « Informations présentées sur les risques présentés par les produits chimiques ».
- Code de la santé publique : Livre III, Titre IV.
- Code de la consommation : Livres I et II.

Indépendamment de ces textes de base codifiés, il existe pour les différentes familles de produits des décrets et des arrêtés d'application spécifiques, fixant les conditions d'emploi et les précautions à prendre lors de leur manipulation. Ces textes sont pris par différents ministères et s'appliquent aux produits utilisés dans la vie courante.

2.4.1 Code de la santé publique

L'essentiel des mesures intéressant les risques de la vie courante est consigné dans le Livre III « Protection de la santé et de l'environnement », Titre IV « Prévention des risques d'intoxication », dans les articles L. 1341-1 à L. 343-4 et R. 1341-1 à R. 1343-2.

L'article R. 1342-1 « Classement et restriction d'emploi des substances dangereuses autres que vénéneuses » donne un classement en six familles des substances et préparations dangereuses avec un certain nombre de règles de sécurité obligatoires à l'attention des fabricants, distributeurs et vendeurs de ces produits. La mention du danger est obligatoire. Cet article et le suivant sont donnés dans le tableau 2.7.

Tableau 2.7 – Articles R. 1342-1 et R. 1342-2 du Code de la santé publique, Livre III, Titre IV.

Section 1 : Classement et restrictions d'emploi des substances dangereuses autres que vénéneuses

Article R. 1342-1

Les substances et préparations dangereuses définies à l'article L. 1342-2 sont classées dans les catégories suivantes :

1° Substances et préparations explosibles, qui peuvent exploser sous l'effet de la flamme ou qui sont plus sensibles aux chocs et aux frottements que le dinitrobenzène ;

2° Substances et préparations comburantes, qui, en contact avec d'autres substances, notamment avec des substances inflammables, présentent une forte réaction exothermique ;

3° Substances et préparations extrêmement inflammables liquides dont le point d'éclair est inférieur à 0 °C et le point d'ébullition inférieur ou égal à 35 °C ;

4° Substances et préparations facilement inflammables :

a) Qui peuvent s'échauffer et enfin s'enflammer à l'air en présence d'une température normale sans apport d'énergie ;

b) Qui, solides, peuvent s'enflammer facilement par une brève action d'une source d'inflammation et qui continuent à brûler ou à se consumer après l'éloignement de la source d'inflammation ;

c) Dont, à l'état liquide, le point d'éclair est inférieur à 21 °C ;

d) Qui, gazeuses, sont inflammables à l'air à une pression normale ;

e) Qui, en contact avec l'eau ou l'air humide, développent des gaz facilement inflammables en quantités dangereuses ;

5° Substances et préparations inflammables liquides dont le point d'éclair est égal ou supérieur à 21 °C et inférieur ou égal à 55 °C ;

6° Substances et préparations dangereuses pour l'environnement, dont l'utilisation présente ou peut présenter des risques immédiats ou différés pour l'environnement.

Un arrêté des ministres chargés de l'agriculture, de la consommation, de l'environnement, de l'industrie et de la santé détermine, conformément aux dispositions communautaires en vigueur, le symbole d'identification et l'indication du danger de chacune de ces catégories, les phrases types mentionnant les risques particuliers d'emploi et les phrases types mentionnant les conseils de prudence.

Lorsqu'une substance ou une préparation dangereuse doit recevoir plusieurs symboles d'identification, un arrêté des mêmes ministres peut rendre facultatif l'emploi de certains de ces symboles.

Article R. 1342-2

Des arrêtés des ministres chargés de l'agriculture, de la consommation, de l'environnement, de l'industrie et de la santé classent les substances dangereuses dans les catégories mentionnées à l'article R. 1342-1 et fixent la référence des phrases types devant figurer sur l'emballage.

Le classement des préparations dangereuses résulte :

1° Du classement des substances dangereuses qu'elles contiennent et de la concentration de celles-ci ;

2° Du type de préparation.

Des arrêtés des ministres mentionnés au premier alinéa du présent article, pris après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, fixent, conformément à ces règles, les modalités du classement des préparations dans les catégories mentionnées à l'article R. 1342-1 et les phrases types devant figurer sur l'emballage. Si l'intérêt de la santé publique l'exige, le ministre chargé de la santé peut, avant l'intervention d'un arrêté interministériel, classer une substance ou une préparation dans les catégories mentionnées ci-dessus. Cet arrêté est pris pour une durée de trois mois renouvelable une fois.

Les articles R. 1342-3 à R. 1342-12 précisent les points suivants :

- l'interdiction de production et de mise sur le marché, y compris le transport, l'importation, l'exportation et la détention sous une dénomination susceptible de créer une confusion avec un aliment, un médicament ou un produit cosmétique ;
- toute publicité doit comporter la mention danger ;
- ces produits doivent être distribués dans des contenants et emballages solides bien fermés ;
- les contenants et emballages de produits dangereux doivent porter les mentions suivantes :
 - l'identification du produit et des substances dangereuses présentes,
 - l'identification du fabricant et du distributeur,
 - les symboles d'identification et de classement officiels,
 - la nature des risques (phrases types),
 - les conseils de prudence (phrases types) ;
- les contenants et emballages ayant servi à un produit dangereux ne doivent pas être réutilisés pour des produits alimentaires humains ou animaux.

2.4.2 Code de consommation

Les quelques articles suivants des Livres I et II peuvent intéresser les risques de la vie courante.

Dans le Livre I « Information des consommateurs et formation des contrats », Titre I « Information des consommateurs » :

- articles L. 111-1 à L. 111-3 sur l'obligation d'informer les consommateurs sur les caractéristiques essentielles des produits dont les dangers ;
- articles L. 112-1 à L. 112-7 et R. 112-1 à R. 12-14-1 sur les modes de présentation et les inscriptions sur les étiquettes (ces articles concernent surtout les denrées alimentaires) ;
- articles L. 115-27 à L. 115-33 sur les règles relatives à la certification des produits autres qu'alimentaires.

Dans le Livre II « Conformité et sécurité des produits et services », Titre I « Conformité » et Titre II « Sécurité » :

- articles L. 211-15 à L. 211-17 et R. 211-1 à R. 211-5 sur la conformité et la sécurité des produits et services ;
- articles L. 221-1 à L. 224-3 et R. 224-1 à R. 224-12 sur la prévention et la sécurité.

3 • LES RISQUES CHIMIQUES

3.1 Généralités

Le risque chimique est l'ensemble des situations dangereuses ayant pour origine des produits chimiques.

Toute substance ou préparation chimique, pure ou mélangée, qui entre en contact avec le corps humain, peut perturber le fonctionnement de ce dernier, et conduire à l'apparition de troubles physiologiques plus ou moins graves.

Les produits inflammables, combustibles ou instables peuvent être à l'origine d'incendies et d'explosions d'importance variable.

L'homme qui manipule de près ou de loin des produits chimiques ou se trouve en contact avec ces derniers est donc exposé à des risques chimiques divers et variés.

Les risques chimiques sont omniprésents dans les activités humaines et ne sont pas spécifiques aux industries chimiques ou parachimiques. On les rencontre dans de nombreuses activités, industrielles ou non :

- Métallurgie : extraction, élaboration de métaux et alliages toxiques (plomb, cadmium, bronze au béryllium).
- Mécanique : usinage de métaux et d'alliages toxiques, traitements thermiques, traitements de surface, dégraissage, décapage, etc.
- Alimentaire : nettoyage et désinfection, addition d'adjuvants divers (conservateurs, nitrites, antioxydants, etc.).
- Agricole : emploi d'engrais, de pesticides.
- Bâtiment et travaux publics (ciments, chaux, bitumes, amiante, colles, peintures, etc.).
- Transport de produits dangereux par terre, mer, voies d'eau et air.

- Autres activités industrielles : papeterie, imprimerie, tannerie, menuiserie et ébénisterie, textile, etc.
- Bureautique (colles, solvants, encres, etc.).
- Activités non professionnelles : pollution de l'environnement (circulation routière, rejet des eaux usées, décharges pour produits toxiques), produits de nettoyage et de bricolage, etc.

Les risques chimiques existent bien évidemment dans les industries chimiques et parachimiques, mais ils y sont certainement mieux connus, ils semblent relativement bien cernés et les mesures de prévention sont bien adaptées aux risques.

Les substances les plus dangereuses (cancérogènes, produits très agressifs ou très inflammables) sont généralement fabriquées en circuit fermé, avec contrôles systématiques et procédures d'interventions en cas de dysfonctionnements (fuites, échauffements). Malgré les précautions prises, les risques persistent un peu partout dans les industries chimiques et parachimiques ; notamment dans :

- la synthèse organique, la pétrochimie ;
- la fabrication de peintures, vernis et encres (solvants, pigments colorés) ;
- l'industrie pharmaceutique (substances très actives, solvants) ;
- la fabrication de produits cosmétiques et d'hygiène (solvants, colorants) ;
- la fabrication de résines synthétiques pour matières plastiques et élastomères, colles et agglomérants divers, etc. ;
- la fabrication d'explosifs et de produits pyrotechniques ;
- la fabrication de pesticides et de produits phytosanitaires, etc. ;
- la tannerie et la mégisserie.

Les risques chimiques accompagnent souvent d'autres types de risques : mécaniques, électriques, physiques (bruit, vibration, radioactivité), biologiques, etc.

Pratiquement, tous les produits chimiques présentent, à des degrés divers, des risques pour les personnes qui se trouvent à leur proximité.

Les risques chimiques sont également la cause principale, sinon la seule, des accidents industriels majeurs qui se produisent dans les usines de fabrication ou de stockage et de transport des produits dangereux. Il s'agit essentiellement des incendies, des explosions et des intoxications de grande importance, à l'origine de nombreux dégâts humains et matériels.

Le tableau 3.1 donne une liste de produits dangereux couramment utilisés dans l'industrie.

Tableau 3.1 – Liste des principaux produits industriels dangereux.

Familles	Substances toxiques	Substances nocives	Substances inflammables explosibles
Métaux et oxydes	Arsenic, cadmium, mercure, plomb	Cuivre, nickel, cobalt	Magnésium, aluminium, fer, zinc, tous à l'état pulvérulent
Métalloïdes	Fluor, chlore, brome, iode, cyanogène, sulfure de carbone, ammoniac, oxyde de carbone	Soufre, phosphore	Hydrogène, phosphore, ammoniac
Acides et anhydrides	Cyanhydrique, fluorhydrique, picrique, phosgène sulfureux, dioxyde d'azote	Chlorhydrique, nitrique, sulfurique, phosphorique, acétique, formique	Cyanhydrique, perchlorique, nitrique, picrique, persulfurique
Sels	Cyanures, chromates, bichromates, picrates	Tous à des degrés divers	Picrates, nitrates, chlorates, perchlorates, persulfates
Hydrocarbures	Benzène, hexane, anthracène, benzo-pyrène	Toluène, xylènes, styrène, naphthalène	Tous
Hydrocarbures chlorés	Tétrachlorure de carbone, chlorure de vinyle, chloroforme, tétrachloroéthane	Trichloréthylène, perchloréthylène, chlorure de méthyle, chloroprène	Quelques hydrocarbures très peu chlorés
Alcools	Cyclohexanol, allylique, phénols, naphols	Méthanol, butanol	Tous

Familles	Substances toxiques	Substances nocives	Substances inflammables explosibles
Aldéhydes et cétones	Acroléine, formol, isophorone	Furfural, cyclohexanone, méthyléthylcétone	Tous
Éthers et dérivés	Éthers de glycol, oxyde d'éthylène	Éther éthylique	Tous
Amines	Amines aromatiques, aniline, benzidine	Amines aliphatiques	Amines aliphatiques volatiles
Autres dérivés azotés	Acrylonitrile, nitrobenzène, pyridine, isocyanates	Éthanolamines, nitrométhane	Hydrazine

Actuellement, plus de 6 millions de produits sont fabriqués et utilisés dans le monde, correspondant à plus de 400 millions de tonnes. Les États-Unis fabriquent tous les ans plus de 1 200 nouveaux produits chimiques.

Parmi ces produits fabriqués et utilisés tant à petite échelle (dans les laboratoires ou en pilote) qu'en quantités industrielles, par milliers de tonnes, un grand nombre qui présentent des risques, appelés substances et préparations dangereuses (toxiques ou inflammables), se trouvent à l'origine d'accidents matériels et corporels souvent très graves.

Ils sont également, quelquefois, à l'origine de la pollution de l'environnement. L'importance du risque dépend de plusieurs paramètres dont la nature chimique, l'état physique, les modes d'absorption, les quantités présentes, la présence d'autres substances (effets de synergie) ou phénomènes (électricité statique), etc.

3.2 Classification des risques chimiques

On distingue deux grandes familles de risques chimiques :

- le risque d'intoxication,
- le risque d'incendie-explosion,

auxquelles, il y a lieu d'ajouter le risque de réactions chimiques dangereuses susceptibles de donner naissance à des substances dangereuses, toxiques ou/et inflammables.

Le tableau 3.2 résume l'ensemble des risques chimiques.

Tableau 3.2 – Les risques chimiques.

Intoxications	Intoxications accidentelles
	Pathologies professionnelles
	Maladies professionnelles
Réactions chimiques dangereuses	Substances toxiques
	Substances inflammables et toxiques
	Substances inflammables
Incendies-explosions	Incendies
	Explosions

3.2.1 Risque d'intoxication

Tout produit, pur ou en mélange, qui pénètre, par une voie quelconque, dans l'organisme humain, est susceptible de perturber voire modifier le fonctionnement normal du corps. Le produit absorbé se fixe préférentiellement sur un ou plusieurs organes du corps ; il y a alors dysfonctionnement plus ou moins important qui se traduit par l'apparition de pathologies.

Suivant différents paramètres, dont essentiellement la nature et la réactivité du produit chimique absorbé, l'intoxication se manifeste de deux façons différentes, accidentelle ou chronique.

Une intoxication *accidentelle* est produite par l'absorption ou le contact d'une substance très agressive et en quantité importante. Très rapidement (souvent instantané ou au bout de quelques minutes), le produit chimique agit au point d'impact du corps avec destruction des cellules. Les brûlures chimiques par projection d'acides et de bases concentrés, l'inhalation de gaz et vapeurs agressifs ou suffocants (chlore, anhydride sulfureux, vapeurs nitreuses, peroxydes), l'absorption de produits très toxiques (inhalation ou absorption orale de gaz cyanhydrique, d'hydrogène sulfuré, de phosgène, etc.) sont des intoxications accidentelles plus ou moins graves suivant les quantités mises en œuvre. En milieu professionnel, l'intoxication accidentelle est considérée comme un accident du travail et réparé comme tel.

Une intoxication *chronique* est due à l'absorption de petites quantités de produits toxiques pendant des durées plus ou moins longues. Les intoxications chroniques sont à l'origine de pathologies variées dont les plus connues sont les maladies professionnelles. Le plus souvent, elles sont dues à des substances peu réactives chimiquement mais susceptibles de réagir en milieu biologique.

Un même produit, peut développer, suivant le cas et en fonction des quantités absorbées :

- une intoxication accidentelle, action brutale par contact (avec la peau) ou absorptions (par voies orale et respiratoire) de grandes quantités de substances toxiques ;
- une pathologie ou une maladie professionnelle après plusieurs jours, mois ou années d'absorptions quotidiennes de petites quantités de substances toxiques ou nocives.

Ainsi une projection sur la peau d'acide fluorhydrique, de formol ou d'acide chromique peut conduire à des brûlures chimiques à caractère accidentel, mais aussi à des maladies professionnelles.

L'absorption par le corps de faibles quantités de ces substances pendant des durées plus ou moins longues engendre des maladies professionnelles bien connues (œdèmes pulmonaires, ulcérations cutanées et nasales, asthmes, cancers).

Les acides chlorhydrique, nitrique, sulfurique, la soude caustique conduisent à des brûlures chimiques de la peau, à caractère accidentel, mais ne sont directement à l'origine d'aucune maladie professionnelle.

De même, l'amiante, les composés du plomb, les poussières de silice cristallisée apparemment inertes n'engendrent aucun accident ; par contre, ils sont à l'origine de maladies professionnelles redoutables.

3.2.2 Risque d'incendie-explosion

De très nombreux produits chimiques et matériaux divers, dits combustibles (ou encore inflammables) se combinent à l'oxygène suivant des réactions exothermiques, c'est-à-dire dégageant de grandes quantités de chaleur. Ce sont des réactions d'oxydation ou de combustion nécessitant la présence d'oxygène libre (l'air) ou combiné (oxydants).

Ces réactions sont fortement exothermiques. Les grandes quantités de calories dégagées chauffent la matière ; plusieurs cas sont alors possibles.

- La chaleur dégagée par la réaction de combustion décompose le produit ; il se forme des gaz et des vapeurs non inflammables. Il y a alors incandescence (rougeolement) du produit restant sans formation de flammes.

– La chaleur dégagée par la réaction décompose le produit : il se forme des gaz et des vapeurs inflammables. Il y a alors flammes et feu. Les flammes chauffent le produit et favorisent sa décomposition, provoquant à nouveau la formation de vapeurs et de gaz inflammables ; il y a réaction en chaîne et le feu se propage tant qu'il se forme des gaz inflammables. Trois cas peuvent se produire :

- si la vitesse de réaction est extrêmement faible, l'échauffement est imperceptible. Il n'y a pas de combustion à proprement parler, mais une simple oxydation comme c'est le cas de beaucoup de métaux dans l'air (fer, cuivre, zinc). On ne parle pas de combustion mais de simple oxydation ;
- si la vitesse de combustion est élevée, l'échauffement est important et la décomposition pyrolytique qui se fait dégage des gaz qui peuvent s'enflammer ;
- si la vitesse de combustion est très élevée (réaction quasi instantanée), la quantité de chaleur dégagée est très importante ; la masse gazeuse formée, combustible ou non, est dilatée et exerce une pression élevée ; il y a explosion d'autant plus violente que les gaz sont combustibles.

– Il n'y a pas de formation gazeuse, la chaleur dégagée maintient le produit à température élevée. Il y a incandescence jusqu'à ce que la combustion s'arrête faute de produit.

Ainsi, dans le cas du bois naturel :

- si le bois est très humide, il brûle très difficilement ou ne brûle pas ;
- si le bois est sec ou peu humide, il peut y avoir combustion ; les gaz et les vapeurs dégagés sont combustibles et donnent des flammes, c'est le feu de bois ;
- si le bois a été transformé en charbon, ce dernier ne contient pratiquement plus de substances gazeuses. Il n'y a pas de flammes mais simple incandescence par suite de la combustion du charbon dans l'air ;
- si le bois se trouve à l'état de poussières fines, le mélange formé avec l'air peut exploser à l'approche d'une source de chaleur.

De nombreux produits minéraux comme la silice, le calcaire, la chaux, le plâtre, le ciment, l'amiante ne sont pas combustibles et leur manipulation ne présente aucun risque d'incendie-explosion.

La plupart des produits organiques carbonés et un certain nombre de produits minéraux sont combustibles et par conséquent présentent des risques d'incendie-explosion. De nombreux solvants (hydrocarbures, alcools, cétones), résines synthétiques (matières plastiques, élastomères), produits

alimentaires (farine, sucre, huiles, etc.), un grand nombre de métaux (magnésium, aluminium, fer, etc.) et de métalloïdes (soufre, carbone) peuvent conduire à des incendies et des explosions, surtout s'ils sont à l'état gazeux ou très divisé (poussières fines).

3.2.3 Risques dus aux réactions chimiques dangereuses

Il existe de nombreuses réactions chimiques dites « dangereuses » car elles sont accompagnées par la formation de substances dangereuses, toxiques ou inflammables.

Il s'agit essentiellement de réactions rapides et non contrôlées par suite de mise en contact accidentel de substances appelées « incompatibles ». Ce sont soit des réactions secondaires qui peuvent accompagner des synthèses mal contrôlées, soit des mélanges imprévisibles (par suite de fuites par exemple) de substances incompatibles ou encore des réactions de décomposition spontanée de produits peu stables ou explosifs.

Le risque principal de ces réactions dangereuses est la formation et la libération :

- de substances toxiques (acide cyanhydrique, oxydes de chlore, vapeurs nitreuses) ;
- de substances inflammables (acétylène, hydrogène) ;
- des substances à la fois toxiques et inflammables (hydrogène sulfuré, ammoniac).

Par leurs caractères imprévisibles et non contrôlés, ces réactions dangereuses sont à l'origine de nombreux accidents graves (explosions, projections de liquides, émanations gazeuses). La plupart des sinistres industriels survenus dans des usines ont pour origine de telles réactions.

Les risques dus aux réactions chimiques dangereuses existent un peu partout ; ils sont importants lors du stockage de produits chimiques (locaux et aires de magasinage) et dans certaines activités faisant appel à un grand nombre de substances comme les traitements de surface, les traitements thermiques, les ateliers travaillant les polyesters stratifiés, etc.

Le risque incendie-explosion a pour origine des réactions chimiques dangereuses, la combustion étant l'une d'elles.

3.2.4 Risques chimiques dans la vie courante

Les deux principaux risques chimiques que l'on rencontre dans la vie courante sont :

- le **risque d'intoxication**, généralement par absorption par voie orale (ingestion) ou par voie cutanée de produits nocifs que l'on rencontre de plus en plus souvent chez soi ; l'absorption par la voie respiratoire est plus rare, mais elle existe, notamment dans le cas de produits agressifs comme l'eau de Javel, l'acide chlorhydrique ou l'ammoniac ; elle est surtout accidentelle et concerne en priorité les enfants en bas âge ; les intoxications par absorption à travers la peau sont moins fréquentes et concernent pratiquement tous les âges ;
- le **risque de brûlures chimiques** qui ne sont pas à proprement parler des intoxications, bien qu'elles puissent leur être assimilées. Il s'agit essentiellement de destructions de tissus vivants comme la peau ou les muqueuses, par contact externe ou interne avec des substances très agressives et caustiques, comme les acides, les bases et certains produits très réactifs comme les solutions chlorées et bromées, les anhydrides, les peroxydes, les isocyanates, etc. Ces produits sont utilisés purs ou en solution ou encore entrent dans la composition de nombreux produits ménagers ou de bricolage (solvants, peintures, etc.).

Le risque d'incendie-explosion existe mais il reste faible, les produits inflammables étant relativement peu utilisés à la maison, sauf pour le bricolage où certains solvants inflammables comme le white-spirit ou les essences sont d'usage courant.

3.3 Principaux paramètres agissant sur les risques chimiques

Plusieurs paramètres agissent sur les caractéristiques du risque chimique ; la probabilité qu'un accident ou une maladie se produise dépend de ces mêmes paramètres et la maîtrise de ces derniers permet celle du risque ainsi que la mise en place des mesures de prévention.

Les principaux paramètres sont les suivants.

3.3.1 Nature chimique des produits mis en cause

C'est la structure moléculaire et la composition qui déterminent les propriétés des produits.

Tous les produits chimiques n'ont pas les mêmes propriétés, donc ne présentent pas les mêmes risques ; les substances non combustibles ne peuvent pas

conduire à des incendies-explosions, les pathologies engendrées diffèrent selon que la substance absorbée se fixe sur tel ou tel organe ; la plupart des solvants organiques sont à la fois nocifs et inflammables.

Plus un produit est réactif, plus il est dangereux. La structure moléculaire des substances joue un rôle important dans cette réactivité.

■ Nature chimique et risque d'intoxication

La composition chimique des produits et la nature de la substance dangereuse jouent un rôle de premier plan dans le risque d'intoxication accidentelle ou pathologique. Chaque molécule possède une ou plusieurs parties, groupes ou fonctions appelés toxicophores qui agissent sur les constituants des différentes cellules vivantes ; ce sont ces toxicophores qui sont à l'origine des intoxications. Ainsi les isocyanates contiennent la fonction $-NCO$, très réactive, qui réagit rapidement avec les molécules des protéines qui sont ainsi dénaturées ; le fonctionnement des cellules vivantes se trouve perturbé, et il y a apparition de troubles tels que les asthmes, les dermatoses.

D'autres substances peuvent avoir des structures cristallines susceptibles d'agir au niveau de certaines cellules vivantes, en modifiant leurs caractéristiques ; le fonctionnement de ces cellules est perturbé, des pathologies apparaissent. C'est le cas de la silice et de l'amiante qui durcissent les fibres musculaires au niveau des poumons et conduisent à des pneumoconioses (silicose, asbestose).

Le tableau 3.3 regroupe un certain nombre de toxicophores courants.

■ Nature chimique et risque d'incendie-explosion

La réaction de combustion, à l'origine des incendies et explosions, suppose la présence dans la molécule du produit, d'atomes de carbone et d'hydrogène ; c'est le cas des substances organiques qui, toutes, sont combustibles à des degrés divers. Plus il y a d'hydrogène dans la molécule, plus le produit est combustible. Plus il y a de carbone, plus la quantité de chaleur dégagée est grande.

■ Nature chimique et réactions chimiques dangereuses

Les produits incompatibles contiennent, dans leurs molécules, des parties ou des groupes qui peuvent réagir entre eux. Ainsi les produits oxydants contenant des groupes oxygénés actifs réagissent avec les produits réducteurs contenant des groupes avides d'oxygène. Les acides déplacent l'acide cyanhydrique très toxique de ses sels, les cyanures.

Tableau 3.3 – Principaux groupes et fonctions toxicophores.

Appellation	Formule chimique	Type d'intoxication	AT	MP
Acides	- H, - OH, - COOH	Brûlures chimiques	X	
Bases ou alcalis	- OH	Brûlures chimiques	X	
Fluor, fluorures	- F, F ⁻	Dermites, œdèmes pulmonaires, attaque des os	X	X
Noyau benzénique	-⊖ ou -φ	Leucémies, troubles gastro-intestinaux		X
Hydrocarbures chlorés	$\begin{array}{c} \text{>C-Cl} \\ \text{>C} \begin{array}{l} \diagup \text{Cl} \\ \diagdown \text{Cl} \end{array} \end{array}$	Troubles hépatiques	X	X
Amines aliphatiques	$\begin{array}{c} \text{>C-N} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{H} \end{array} \\ \text{>C=N-H} \end{array}$	Anémies, dermites, asthmes	X	X
Amines aromatiques	⊖-NH ₂	Lésions et cancers, dermites		X
Isocyanates	-NCO	Syndromes bronchiques, asthmes, eczémas	X	X
Époxydes	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{C} \end{array}$	Eczémas, dermites	X	X
Aldéhydes	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \diagup \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$	Ulcérations cutanées, asthmes	X	X
Métaux toxiques		Actions spécifiques sur les organes		X

3.3.2 État physique

La façon dont le produit se présente a une grande influence sur le risque chimique. Les substances à l'état gazeux ou très divisé (poussières, fumées, brouillards) sont les plus dangereuses.

Ainsi la silice (sable siliceux grossier de quelques millimètres de diamètre) ne présente aucune toxicité ; par contre, le même produit en poussière fine pénètre à l'intérieur du corps à travers les voies respiratoires et conduit à une maladie professionnelle mortelle, la silicose.

Un clou en fer ne brûle pas dans l'air à la température ambiante mais la poudre de fer très fine peut s'enflammer spontanément.

D'une façon générale, plus une substance est à l'état divisé, proche de la molécule, plus elle est dangereuse.

Suivant ce principe :

- les gaz et les vapeurs pénètrent plus facilement dans le corps que les liquides et les solides. De même, ils se mélangent plus facilement avec l'air pour donner des réactions de combustion dangereuses ;
- les solides à l'état pulvérulent pénètrent plus facilement dans le corps car ils sont mis en suspension stable avec l'air pour former des aérosols. C'est le cas de la poussière de silice très toxique ;
- la formation de vapeur augmente avec la volatilité du produit ; plus une substance est volatile, plus les quantités de vapeur sont grandes. Plus la température d'ébullition est basse, plus le produit est volatil. D'une façon générale, l'emploi de solvants volatils est plus dangereux que celui de solvants lourds à température d'ébullition élevée.

La figure 3.1 montre l'importance du risque en fonction de la taille des particules et vésicules.

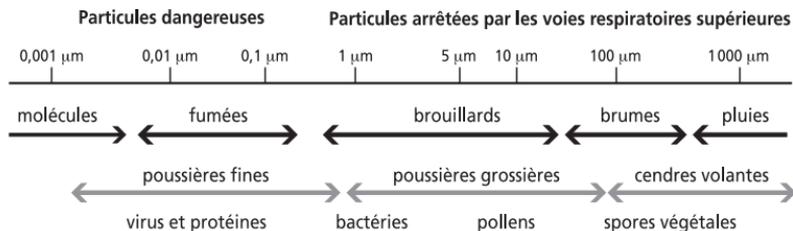


Figure 3.1 – Dimensions des particules et vésicules de produits chimiques et biologiques.

La structure cristalline a également une influence sur la nature et l'importance du risque chimique. Certaines variétés cristallines d'une même substance sont plus toxiques que d'autres. C'est le cas de l'amiante et de la silice. La silice amorphe ne conduit pas à la silicose, par contre la silice cristallisée est très toxique.

3.3.3 Quantités absorbées

Le risque d'intoxication augmente avec les quantités de produits dangereux absorbées par le corps. Certaines substances qui, absorbées quotidiennement à faible dose, conduisent à des pathologies professionnelles peuvent être à l'origine d'intoxications accidentelles si elles sont en quantité importante. C'est le cas de nombreux solvants, d'amines, du formol.

Les atmosphères fortement polluées sont plus dangereuses à respirer que celles qui sont faiblement contaminées. Les acides et les bases forts et concentrés conduisent à des brûlures chimiques souvent très graves ; les mêmes, dilués, sensibilisent la peau qui peut être soignée facilement au moyen de crèmes dermatiques.

3.3.4 Température

D'une façon générale, l'élévation de la température favorise le caractère dangereux du produit.

Le chauffage favorise l'évaporation des substances ; les vapeurs émises pénètrent plus facilement dans l'organisme à travers les voies respiratoires ou encore forment avec l'air, des mélanges explosifs.

L'élévation de la température augmente également la réactivité des produits, d'où une nocivité accrue.

Des températures élevées sont susceptibles de conduire à une décomposition pyrolytique des produits, avec formation fréquente de gaz et vapeurs dangereux.

3.3.5 Autres paramètres

Une réduction de la pression peut favoriser la volatilisation ou la décomposition de certains mélanges, notamment les solutions de produit chimiques dans des solvants.

La présence d'impuretés peut augmenter quelquefois l'importance du risque suivant des phénomènes de synergie encore mal connus.

Les substances autres que l'agent causal principal peuvent donner naissance à des réactions secondaires dangereuses (formation d'acides dans des brouillards d'eau, réactions d'hydrolyse avec formation de gaz inflammables). Certaines substances volatiles ou à l'état divisé peuvent véhiculer d'autres agents toxiques et favoriser leur pénétration dans le corps humain ; c'est le cas des brouillards formés de vésicules liquides contenant ou entraînant des produits toxiques (gouttelettes d'eau chargées d'acides ou de sels nocifs).

4 • LE RISQUE D'INTOXICATION

4.1 Définitions

Tout produit chimique qui, par un moyen quelconque, pénètre dans l'organisme humain, possède à des degrés divers la faculté de perturber le fonctionnement normal de tel ou tel organe et ainsi porter atteinte à l'intégrité et à la santé de l'homme. C'est le risque d'intoxication qui se manifeste sous des formes variées et avec des conséquences très diverses.

La bonne santé est la conséquence de l'équilibre existant dans le fonctionnement normal des différentes parties du corps, et l'introduction d'une substance étrangère peut rompre cet équilibre et conduire à un dysfonctionnement susceptible d'altérer temporairement ou définitivement la santé de l'individu. Toute substance ou préparation présente donc un danger pour la santé, à des degrés divers. Celles qui agissent d'une façon évidente sur la santé sont appelées substances et préparations dangereuses.

L'article R. 231-51 du Code du travail distingue neuf catégories de substances dangereuses pour l'homme et une pour l'environnement.

- Très toxiques : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en très petites quantités, entraînent la mort ou des risques aigus ou chroniques.
- Toxiques : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en petites quantités, entraînent la mort ou des risques aigus ou chroniques.
- Nocives : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent entraîner la mort ou des risques aigus ou chroniques.
- Corrosives : substances et préparations qui, en contact avec des tissus vivants, peuvent exercer une action destructrice sur ces derniers.

- Irritantes : substances et préparations non corrosives qui, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, peuvent provoquer une réaction inflammatoire.
- Sensibilisantes : substances et préparations qui, par inhalation ou pénétration cutanée, peuvent donner lieu à une réaction d'hypersensibilité telle qu'une exposition ultérieure à la substance ou à la préparation produit des effets indésirables caractéristiques.
- Cancérogènes : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire le cancer ou en augmenter la fréquence.
- Mutagènes : substances ou préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.
- Toxiques pour la reproduction : substances et préparations qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peuvent produire ou augmenter la fréquence des faits indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.
- Dangereuses pour l'environnement : substances et préparations qui, si elles entraient dans l'environnement, présenteraient ou pourraient présenter un risque immédiat ou différé pour une ou plusieurs de ses composantes.

D'une façon plus pratique, on peut grouper ces neuf catégories en trois groupes :

- les produits toxiques comprenant les catégories très toxiques, toxiques, cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction ;
- les produits nocifs comprenant les catégories nocives, corrosives, irritantes, sensibilisantes ;
- les produits dangereux pour l'environnement qui peuvent être également toxiques ou nocifs pour les hommes.

Les produits appartenant au premier groupe sont très dangereux pour l'homme et doivent être manipulés ou stockés avec des précautions particulières en suivant à la lettre les mesures de prévention préconisées. L'absorption de ces produits, même en faibles quantités, peut avoir des conséquences graves pour la santé des individus.

Les produits du deuxième groupe sont dangereux pour l'homme à des degrés divers. À faibles doses, leurs effets sur la santé sont limités et temporaires, mais à des doses élevées, dépassant les concentrations limites fixées, des graves atteintes à la santé sont à redouter.

Les produits du troisième groupe sont susceptibles d'agresser la faune et la flore en donnant naissance à une pollution plus ou moins grave. On les appelle des produits écotoxiques ou nuisibles pour l'environnement.

Un certain nombre de précautions et la mise en place de mesures préventives efficaces s'imposent chaque fois que l'on manipule des produits dangereux appartenant à l'une ou à l'autre de ces neuf catégories ou encore chaque fois que l'on met en place des réactions dangereuses ou que des réactions secondaires dangereuses peuvent apparaître.

Les substances et les préparations dangereuses sont manipulées sous trois formes :

- à l'état gazeux, comprenant les gaz proprement dits comme l'hydrogène, le chlore, l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré et les vapeurs émises par des liquides et des solides à la température de la manipulation comme l'acide chlorhydrique, divers solvants, les amines légères, le mercure ;
- à l'état liquide à la température ambiante, comme l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, les solvants et plusieurs autres produits organiques ;
- à l'état solide à la température ambiante comme les métaux et leurs dérivés (oxydes, sels), les sels comme les cyanures, les chromates et bichromates, l'amiante.

4.2 Processus d'intoxication

Il se fait par phases successives :

- arrivée du produit en contact avec l'organisme ;
- pénétration dans l'organisme ;
- transport par le sang ;
- fixation sur les organes ;
- action sur les organes et leur fonctionnement.

4.2.1 Arrivée du produit en contact avec l'organisme

Les substances et les préparations dangereuses entrent en contact avec le corps humain de la façon suivante :

- les gaz et les vapeurs se diluent dans l'air et arrivent au niveau du corps à l'état plus ou moins concentré. Ils peuvent pénétrer alors dans l'organisme par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée ;

- les liquides émettent des vapeurs ; ces dernières atteignent le corps par dilution dans l'air. À l'état liquide, il faut un contact direct, soit cutané (manipulation directe des produits avec les doigts et les mains), soit buccal (ingestion orale). Une autre forme est l'aérosol, formé de vésicules (très petites gouttelettes liquides) en suspension stable dans l'air, formant un brouillard, obtenu généralement par pulvérisation, par forte agitation ou encore par chauffage du liquide ; l'aérosol se comporte comme les gaz et les vapeurs ;
- les solides arrivent au niveau du corps, comme les liquides, par contact direct soit cutané, soit buccal. Les rares solides qui émettent des vapeurs sont ramenés au premier cas. Les solides à l'état très divisé (poussières fines) forment avec l'air des aérosols stables qui, véhiculés par l'air, arrivent au niveau des voies respiratoires, buccale et cutanée.

D'une façon plus concrète, les gaz, les vapeurs et les aérosols (brouillards, poussières, fumées) pénètrent dans le corps préférentiellement par la voie respiratoire ; les liquides et les solides sont absorbés essentiellement par la voie cutanée et éventuellement par la voie orale.

La figure 4.1 schématise l'arrivée des produits jusqu'aux voies de pénétration. Très souvent, les produits toxiques sont expulsés de leurs contenants, à la suite d'explosions qui projettent dans l'environnement des vapeurs et des aérosols toxiques ; les substances dangereuses à l'état très divisé sont alors émises avec une certaine vitesse et sont répandues largement alentour ; elles sont alors plus facilement absorbées par les organismes vivants. C'est notamment le cas lors des accidents industriels majeurs : à l'origine une explosion mécaniquement destructrice peut projeter dans l'environnement des substances toxiques ; ainsi à l'effet de l'explosion s'ajoute le danger d'intoxication et de pollution, tout aussi grave. Ce fut notamment le cas des deux accidents majeurs de Bhopal et de Seveso.

4.2.2 Voies de pénétration

Les substances et préparations dangereuses arrivent en contact puis pénètrent dans l'organisme selon les trois voies suivantes.

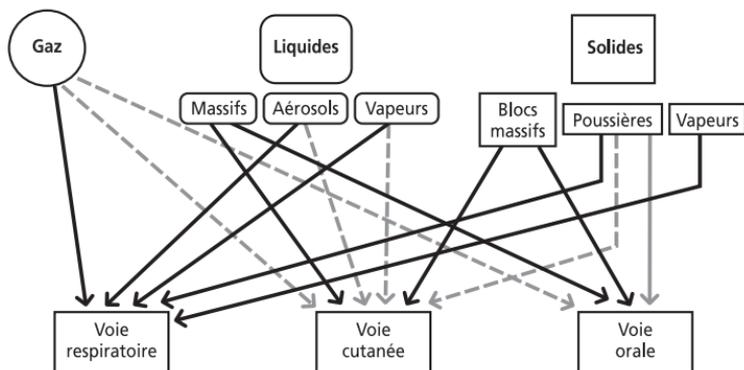


Figure 4.1 – Les voies de pénétration des substances toxiques dans le corps.

■ Voie respiratoire

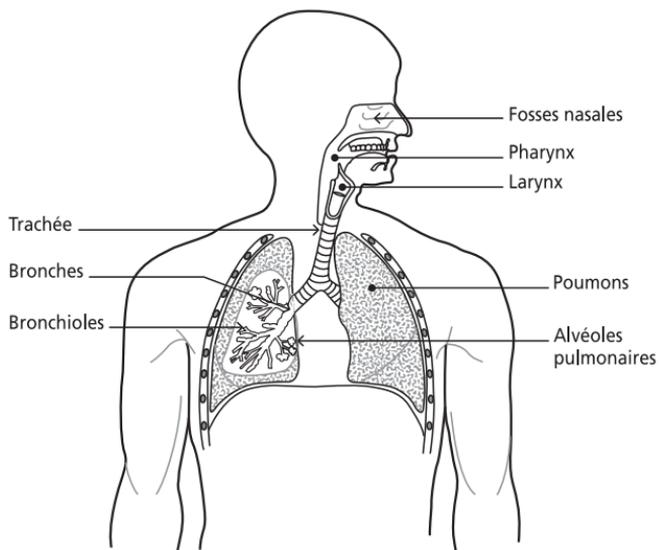


Figure 4.2 – Pénétration par voie respiratoire.

Les produits gazeux (vapeurs et gaz), liquides (brouillards, fumées) ou solides (poussières, fumées) dilués dans l'air respiré pénètrent dans l'organisme par le nez ou la bouche, traversent les voies respiratoires supérieures (fosses nasales, pharynx, larynx), puis arrivent dans les poumons, au niveau des alvéoles pulmonaires où ils sont en contact avec les capillaires sanguins, là où se fait l'échange vital : passage de l'oxygène dans le sang. La totalité des polluants n'atteint pas le sang ; une partie est rejetée à l'extérieur par expiration.

Si l'essentiel des vapeurs et des gaz arrive au niveau des alvéoles pulmonaires, les vésicules liquides et les particules solides grossières (diamètre $> 0,1 \mu\text{m}$) sont arrêtées par les voies respiratoires supérieures ; seules les particules et vésicules de petites dimensions, inférieures à $0,1 \mu\text{m}$ peuvent atteindre les capillaires sanguins.

Ceci explique l'importance de l'état de division (tailles des particules) sur le risque d'intoxication, la toxicité augmentant lorsque la taille des particules ou des vésicules liquides diminue.

On peut estimer que les particules dont le diamètre apparent est supérieur à $1 \mu\text{m}$ n'atteignent pas les alvéoles pulmonaires et par conséquent, leur nocivité est moindre (voir figure 3.1).

■ Voie cutanée

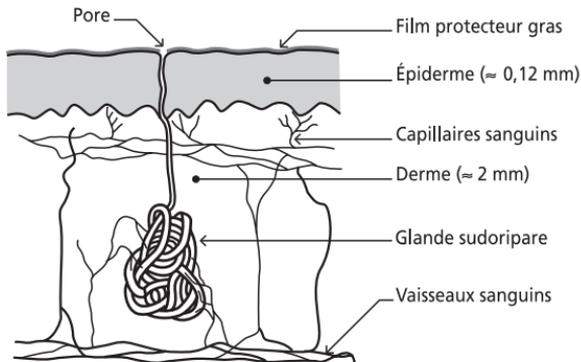


Figure 4.3 – Pénétration par voie cutanée.

La peau n'est pas étanche, elle respire ; les pores de l'épiderme permettent le passage des gaz, des liquides et même des aérosols qui peuvent atteindre les capillaires sanguins et passer dans le sang.

L'absorption des produits toxiques par la voie cutanée n'est pas à négliger ; dans certains cas, elle est même très importante. De nombreux produits liquides, pâteux voire solides peu volatils pénètrent préférentiellement dans l'organisme à travers la peau : nombreuses résines, solvants lourds (hydrocarbures, cétones). De tels produits n'émettent pratiquement pas de vapeurs, ce qui rend leur détection difficile car les prélèvements atmosphériques ne permettent pas de les déceler.

■ Voie orale ou digestive

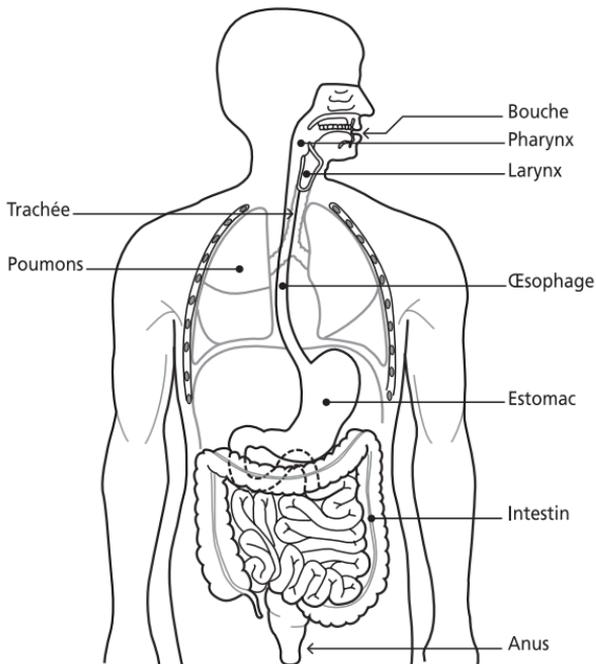


Figure 4.4 – Pénétration par voie orale.

C'est une voie de pénétration plutôt accidentelle, relativement peu fréquente, mais dont les conséquences peuvent être graves car les quantités absorbées sont souvent très importantes.

Les produits ingérés, liquides ou solides, en plus de leur action au niveau des muqueuses de la bouche, du pharynx et de l'œsophage, se retrouvent dans l'estomac avant de passer dans le sang, au niveau des parois abdominales et intestinales.

Les gaz, les vapeurs et les aérosols peuvent également pénétrer par voie buccale et atteindre le système digestif.

Remarque

Une quatrième voie de pénétration est celle au travers des blessures plus ou moins profondes. Le produit chimique, quel que soit son état physique, peut entrer en contact avec le sang à travers la chair vive.

4.2.3 Passage des substances dans le sang

C'est essentiellement le sang qui transporte les différents polluants plus ou moins transformés (métabolisés) à travers le corps humain.

Quelle que soit la voie de pénétration des substances dangereuses dans l'organisme, ces dernières passent dans le sang au niveau des capillaires sanguins qui irriguent tant les alvéoles pulmonaires, que la peau (au niveau du derme supérieur) et les parois de l'estomac et des intestins.

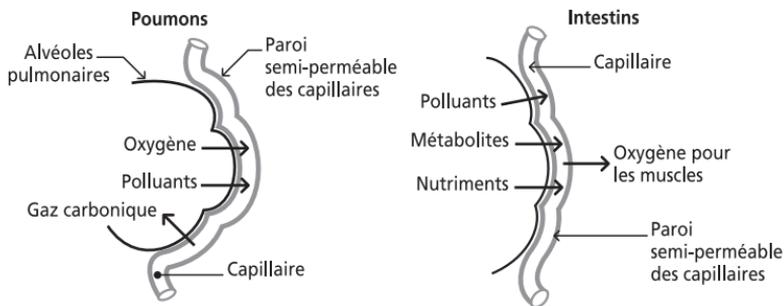


Figure 4.5 – Passage dans le sang au niveau des capillaires.

Les parois des capillaires (vaisseaux sanguins très fins, plus fins que les cheveux), semi-perméables, laissent traverser les molécules et les toutes petites particules. Ainsi, avec l'oxygène de l'air, les substances dangereuses, sous forme gazeuse ou d'aérosols, traversent les parois et pénètrent dans le sang ; le gaz carbonique contenu dans le sang ainsi qu'une partie des molécules dangereuses sont rejetés hors de l'organisme.

4.2.4 Fixation des substances dangereuses sur les organes

Le sang des capillaires contenant les substances dangereuses irrigue l'ensemble des organes du corps ; les molécules et les particules dangereuses atteignent les organes où elles peuvent se fixer et en perturber le fonctionnement ou encore traverser ces organes sans y porter de modifications. Il existe deux possibilités au niveau des organes.

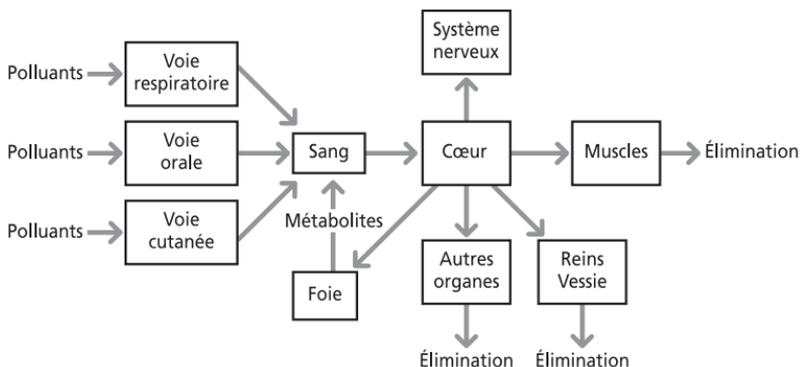


Figure 4.6 – Circulation et arrivée dans les organes.

Le produit toxique se fixe préférentiellement sur un ou plusieurs organes *sans avoir subi de transformations chimiques*. C'est le cas notamment de la plupart des solvants qui se concentrent dans les tissus gras comme le système nerveux en perturbant son fonctionnement ; tous les solvants sont neurotoxiques (encéphalopathies, troubles et polyneuropathies).

Un autre exemple est celui des pneumoconioses engendrées par l'inhalation de poussières fines de silice cristallisée ou de fibres d'amiante. Ces produits pénètrent dans les poumons et, en se fixant sur les muscles, engendrent des

fibroses (durcissement des muscles pulmonaires) se traduisant par une diminution substantielle de la capacité respiratoire.

Les maladies engendrées, la silicose ou l'asbestose, sont des pathologies très graves, souvent mortelles.

Le produit toxique *subit des transformations chimiques* complexes appelées métabolismes et ce sont les substances ainsi formées (métabolites), souvent plus réactives, qui sont à l'origine des perturbations du fonctionnement des organes. Ces métabolites sont à l'origine de nombreuses maladies professionnelles.

Les produits toxiques, métabolisés ou non, soit se fixent sur les organes, soit s'éliminent dans les urines (reins), dans les fèces (intestins) ou dans l'air expiré (poumons).

4.2.5 Métabolisme

Les transformations chimiques de métabolisme sont des réactions complexes d'oxydation enzymatique par l'intermédiaire des oxydases présentes dans le foie. Les métabolites sont essentiellement des molécules oxydées ou plutôt la forme oxydée de la substance dangereuse absorbée. Ces réactions, qui ont lieu principalement au niveau du foie, sont très complexes et encore mal connues. Dans ce qui suit, ces métabolismes ont été simplifiés et schématisés afin de mieux faire comprendre l'action des substances toxiques sur les organes.

Ainsi, le benzène, hydrocarbure jadis utilisé couramment comme solvant, est métabolisé au niveau du foie en phénol, produit très toxique et agressif qui se fixe préférentiellement sur la moelle osseuse, là où se fabriquent les globules sanguins (hématopoïèse). Le dysfonctionnement induit se traduit par une altération de ces globules et l'apparition des cancers du sang (leucémies) mortels, le benzolisme. Les homologues supérieurs du benzène (toluène, xylènes) qui, métabolisés, ne donnent pas des phénols, ne présentent pas la même toxicité aiguë.

L'exemple des solvants chlorés dérivés du méthane CH_4 (qui tous sont des solvants bien connus) est assez explicite. Le métabolisme est un processus complexe d'oxydation qui aboutit à la formation de molécules simples.

Le monochlorométhane ou chlorure de méthyle CH_3Cl , solvant couramment utilisé, est transformé en gaz carbonique, oxyde de carbone, vapeur d'eau et acide chlorhydrique en petites quantités. Ces métabolites sont peu toxiques. Ce solvant est relativement peu dangereux pour le foie et se fixe préférentiellement sur le cerveau avec des conséquences neurologiques.

Le dichlorométhane ou chlorure de méthylène CH_2Cl_2 , plus riche en chlore et plus pauvre en hydrogène, conduit à la formation de gaz carbonique, d'oxyde de carbone, de vapeur d'eau, d'acide chlorhydrique et du chlore ; les

métabolites agressifs sont plus nombreux et une détérioration de la fonction hépatique apparaît.

Le trichlorométhane ou chloroforme CHCl_3 , pauvre en hydrogène, donne essentiellement de l'oxyde de carbone, de l'acide chlorhydrique, du chlore et du phosgène COCl_2 ; ces substances très agressives attaquent *in situ* les cellules hépatiques, d'où un début de destruction du foie avec dysfonctionnement de cet organe.

Le tétrachlorure de carbone CCl_4 se métabolise en oxyde de carbone, en chlore et en phosgène, tous extrêmement agressifs qui conduisent à une destruction (nécrose) du foie. Ce produit est très toxique, voire mortel.

Cet exemple simplifié et schématique montre l'influence de la nature de la molécule absorbée, des métabolites formés et de leur toxicité vis-à-vis des organes.

4.3 Intoxications et maladies professionnelles

Une fois au contact du corps, il y a lieu de distinguer deux situations différentes par leurs conséquences tant médicales que réglementaires, à savoir :

- l'intoxication accidentelle qui est considérée comme un accident du travail ;
- l'intoxication chronique qui aboutit aux pathologies professionnelles dont les maladies professionnelles.

4.3.1 Intoxication accidentelle

Elle s'explique par la présence massive de produits concentrés très réactifs, très agressifs, qui attaquent les cellules vivantes au point de contact, en les détruisant ou en les dénaturant. En effet, ces substances ont la propriété soit de déshydrater les cellules des tissus, soit de réagir avec les protéines cellulaires. Cette destruction est rapide.

La soudaineté fait que ce type d'action est considéré comme un accident et réparé comme tel.

Parmi les principaux produits industriels à l'origine de tels accidents, il y a lieu de citer les acides et les bases concentrés, le chlore, l'ammoniac et les amines légères, les solvants peu volatils, les isocyanates, les phénols, etc.

Le contact de ces produits avec l'organisme se fait suivant :

- des projections de liquides agressifs et corrosifs sur la peau et les muqueuses. Ces produits détruisent d'abord le film gras (sécrétion sébacée)

qui recouvre l'épiderme, avant de s'attaquer aux cellules de ce dernier, d'abord en surface, puis en profondeur jusqu'au derme. Ce sont les brûlures chimiques dont la gravité dépend de la nature et de la concentration des produits ainsi que de la durée du contact. Une intervention rapide et un lavage abondant à l'eau sont le premier secours à apporter. Des projections dans les yeux sont également dangereuses car elles peuvent entraîner des brûlures graves allant jusqu'à la cécité ;

- l'inhalation des gaz, vapeurs et aérosols agressifs par les voies respiratoire et orale. Ce sont les muqueuses des voies respiratoires supérieures, de la bouche et du pharynx qui sont attaquées en premier. En cas d'absorption massive de produits agressifs, les effets de destruction peuvent aller jusqu'aux poumons et estomac, avec des dégâts importants et irréversibles (brûlures internes, œdèmes pulmonaires, destructions des parois). Le chlore et ses oxydes, l'ammoniac, les vapeurs d'acides chlorhydrique et nitrique, sont parmi les produits industriels conduisant à ces brûlures internes dangereuses. L'absorption buccale accidentelle est fréquente lorsque les produits agressifs sont conservés dans les récipients destinés aux boissons. Les quantités absorbées sont souvent importantes et la destruction des tissus des parois de l'œsophage et de l'estomac est fréquente. Un accident souvent rencontré dans les laboratoires est le pipetage des liquides agressifs ; une aspiration un peu forte par la bouche peut conduire à ingurgiter des produits dangereux.

4.3.2 Intoxication chronique – Pathologies professionnelles

L'intoxication chronique s'explique par l'absorption régulière de petites quantités de produits nocifs ou toxiques qui se fixent sur les différents organes et perturbent leur fonctionnement. Cette agression peut aller jusqu'à la destruction totale, la mort (nécrose) du tissu cellulaire de l'organe. Ainsi le tétrachlorure de carbone détruit à la longue le foie, et le benzène la moelle osseuse.

L'intoxication chronique s'explique soit par l'action directe du produit toxique sur l'organe, soit le plus souvent par l'action des métabolites formés, soit encore par les deux processus à la fois.

L'intoxication chronique peut être multiple et se traduire par plusieurs pathologies car une même substance peut se fixer directement ou par l'intermédiaire de ces métabolites sur un ou plusieurs organes. Ainsi les solvants chlorés se fixent sur le système nerveux et conduisent à des manifestations

neurologiques (encéphalopathies, troubles de l'équilibre, état ébrieux) et les métabolites chlorés attaquent le foie en détruisant les cellules hépatiques.

L'intoxication chronique conduit à des maladies appelées pathologies professionnelles (pour les distinguer des maladies professionnelles à caractère réglementaire).

Les pathologies professionnelles se manifestent sous différentes formes, en fonction de la nature chimique, voire même du mode d'absorption. Ainsi, l'amiante est très toxique par absorption à travers les voies respiratoires ; par contre sa toxicité est nettement moindre s'il pénètre par la voie digestive.

Notons que les produits chimiques ne sont pas les seuls à occasionner des pathologies professionnelles ; il existe des causes physiques (bruits, vibrations, températures, rayonnements ionisants), biologiques (bactéries, virus), ergonomiques (gestes répétitifs, postures). Mais force est de reconnaître que les produits chimiques sont à l'origine de la majorité des pathologies professionnelles.

Les différents types de pathologies en milieu professionnel sont les atteintes :

- pulmonaires : broncho-pneumopathies, asthmes et dyspnées, œdèmes, allergies, pneumoconioses et fibroses, cancers, etc. Les principaux agents chimiques à l'origine de ces maladies sont : l'amiante, la silice, l'oxyde de fer (sidérose), le talc, l'anhydride chromique, le formol, l'oxyde d'éthylène, les isocyanates, les amines légères, la poussière de bois, etc. ;
- sanguines : anémies, cancers, leucémies, troubles hémorragiques et modification de la formule sanguine. Parmi les produits en cause, il y a lieu de citer le plomb et ses dérivés, l'arsenic et ses composés, l'oxyde de carbone, le benzène, la phénylhydrazine, les amines aromatiques, le chlorure de vinyle, etc. ;
- cutanées et des muqueuses : eczémas, dermites, dermatoses, ulcérations, cancers. Tous les solvants, les isocyanates, les composants des résines époxydes, les amines, le latex, les ciments, les dérivés de nickel et d'arsenic, sont à l'origine de ces maladies, etc. ;
- neurologiques : encéphalopathies, troubles de l'équilibre, des mouvements, du langage, de la vision et de l'audition, névrites et polynévrites, troubles psychiatriques. Elles sont dues entre autres choses aux solvants, aux éthers de glycol, aux hydrocarbures bromés, au chlorure de vinyle, à l'arsenic et ses composés, au mercure et ses composés, etc. ;
- du système digestif : vomissements, diarrhées, douleurs abdominales, hépatite, angiosarcome hépatique. L'arsenic, le mercure, le cadmium, le plomb et leurs dérivés, le benzène et certains hydrocarbures aromatiques et leurs

dérivés chlorés, le chlorure de vinyle sont à l'origine de ces pathologies, etc. ;

- osseuses : ostéolyse, nécrose, arthrose, calcification etc. Parmi les substances en cause, il y a lieu de citer le fluor et l'acide fluorhydrique, les fluorures, le chlorure de vinyle, le cadmium et ses dérivés, le phosphore, etc. ;
- cardiaques : insuffisance circulatoire, hypertension, douleurs, atteinte du péricarde, phlébites, troubles angioneurotiques, etc. Les produits en cause sont l'arsenic, le plomb, le béryllium et leurs composés, les dérivés nitrés des polyols (nitroglycérine), l'amiante, certains hydrocarbures halogénés, le chlorure de vinyle, etc. ;
- diverses : œil (conjonctivites, kératites, névrites, amblyopies), oreilles (troubles auditifs), nez (rhinites, ulcérations et perforations nasales), bouche (stomatites), reins (néphrites, insuffisance rénale, tumeurs vésicales). Le fluor et l'acide fluorhydrique, l'arsenic, le béryllium et leurs composés, les ciments, l'acide chromique, les chromates et les bichromates, le formol, le méthacrylate de méthyle, le méthanol, les poussières de bois, le sulfure de carbone, le bromure de méthyle, les organophosphorés, etc., sont à l'origine de ces atteintes ;
- cancéreuses : cutanées (épithélium), osseuses (ethmoïde), broncho-pulmonaires, de la vessie, cérébrales, mésothélium, angiosarcomes, leucémies, etc. Parmi les principales substances cancérigènes, il y a lieu de citer l'arsenic, le nickel et leurs dérivés, l'amiante, les brais et goudrons de houille, les poussières de bois, les chromates et bichromates, les oxydes de fer, le chlorure de vinyle, le benzène, etc.

Certaines substances toxiques peuvent porter atteinte à un ou plusieurs organes, donc conduire à des pathologies multiples. Par exemple les solvants chlorés peuvent agir sur le système nerveux et sur le foie.

4.3.3 Maladies professionnelles

Les pathologies qui répondent à un certain nombre de critères fixés par la réglementation issue du Code de la Sécurité sociale sont appelées maladies professionnelles et leur réparation est prise en charge dans sa totalité par les caisses primaires d'assurance maladie.

Ces critères sont rassemblés dans les tableaux de maladies professionnelles, introduits par le Titre VI du Livre II du Code de la Sécurité sociale. Chaque tableau est créé par un décret ministériel, avec des mises à jour périodiques, compte tenu de l'évolution des connaissances médicales et toxicologiques.

Il existe actuellement 98 tableaux de maladies professionnelles correspondant à des expositions chroniques aux produits chimiques et dont certains sont doubles ou triples. Les premiers tableaux ont été créés en 1919 (maladies causées par le plomb, le mercure et leurs composés) ; plusieurs autres tableaux ont été créés en 1938. Le dernier tableau n° 98 date de 1999.

Chaque tableau numéroté concerne les affections correspondant à une substance chimique dangereuse ou à un groupe ou famille de produits. Par exemple, le tableau n° 11 concerne l'intoxication par le tétrachlorure de carbone seul ; alors que le tableau n° 9 est intitulé : affections provoquées par les dérivés halogénés des hydrocarbures aromatiques, famille comprenant les chlorobenzènes, les chloronaphtalènes, les chlorophényles.

Chaque tableau comprend trois colonnes :

- la colonne de gauche est intitulée « désignation des maladies ». Chaque substance ou famille peut provoquer une ou plusieurs maladies, souvent très différentes les unes des autres ; le tétrachlorure de carbone donne des troubles neurologiques comme tous les solvants, mais également des dermites (peau), des ictères hépatiques (foie) et des néphrites (reins) ;
- la colonne du milieu est intitulée « délai de prise en charge ». Elle indique les durées entre la cessation de l'exposition aux risques d'intoxication et la première constatation médicale de l'affection. Ces délais sont très variables et vont de quelques jours à plusieurs décennies (20 à 40 ans pour certains cancers) ;
- la colonne de droite est intitulée « liste indicative ou limitative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies ». Cette colonne est une limitation à caractère réglementaire du champ d'application ; si c'est une liste indicative, les travaux autres que ceux listés peuvent être retenus sur preuve ; par contre si la liste est limitative, seules les maladies provoquées par les travaux figurant dans la colonne de droite sont retenues comme maladies professionnelles.

Le tableau 4.1 montre l'intégralité des tableaux de maladies professionnelles n° 30 et 30bis concernant les affections provoquées par l'amiante.

Le tableau 4.2 montre l'intégralité des tableaux de maladies professionnelles n° 11 (tétrachlorure de carbone) et n° 62 (isocyanates organiques).

Le tableau 4.3 donne la liste des principales maladies professionnelles ayant pour origine des produits chimiques dangereux.

Certaines pathologies professionnelles qui ne respectent pas exactement les critères des tableaux peuvent cependant bénéficier de la réparation réservée aux maladies professionnelles après avis favorable des comités régionaux de reconnaissance des maladies professionnelles (article L. 461-1).

Tableau 4.1 – Tableau de maladies professionnelles n° 30.

TABLEAU N° 30 <i>Créé par le décret n° 96-445 du 22 mai 1996</i> Affections professionnelles consécutives à l'inhalation de poussières d'amiante <i>Dernière mise à jour : J.O. du 25 mai 1996</i>		
Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>A. Asbestose : fibrose pulmonaire diagnostiquée sur des signes radiologiques spécifiques, qu'il y ait ou non des modifications des explorations fonctionnelles respiratoires.</p> <p>Complications : insuffisance respiratoire aiguë, insuffisance ventriculaire droite.</p> <p>B. Lésions pleurales bénignes : avec ou sans modifications des explorations fonctionnelles respiratoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> – pleurésie exsudative ; – plaques pleurales plus ou moins calcifiées bilatérales, pariétales, diaphragmatiques ou médiastinales ; – plaques péricardiques ; – épaississements pleuraux bilatéraux, avec ou sans irrégularités diaphragmatiques. 	20 ans	<p>Travaux exposant à l'inhalation de poussières d'amiante, notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> – extraction, manipulation et traitement de minerais et roches amiantifères. <p>Manipulation et utilisation de l'amiante brut dans les opérations de fabrication suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> – amiante-ciment ; amiante-plastique ; amiante-textile ; amiante-caoutchouc ; carton, papier et feutre d'amiante enduit ; feuilles et joints en amiante ; garnitures de friction contenant de l'amiante ; produits moulés ou en matériaux à base d'amiante et isolants. <p>Travaux de cardage, filage, tissage d'amiante et confection de produits contenant de l'amiante.</p>

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
C. Dégénérescence maligne bronchopulmonaire compliquant les lésions parenchymateuses et pleurales bénignes ci-dessus mentionnées.	35 ans	Application, destruction et élimination de produits à base d'amiante : – amiante projeté ; calorifugeage au moyen de produits contenant de l'amiante ; démolition d'appareils et de matériaux contenant de l'amiante, défilage.
D. Mésothéliome malin primitif de la plèvre, du péritoine, du péricarde.	40 ans	Travaux de pose et de dépose de calorifugeage contenant de l'amiante.
E. Autres tumeurs pleurales primitives.	40 ans	Travaux d'équipement, d'entretien ou de maintenance effectués sur des matériels ou dans des locaux et annexes revêtus ou contenant des matériaux à base d'amiante. Conduite de four. Travaux nécessitant le port habituel de vêtements contenant de l'amiante.

Tableau 4.1 – Tableau de maladies professionnelles n° 30bis.

TABLEAU N° 30bis <i>Créé par le décret n° 96-445 du 25 mai 1996</i> Cancer broncho-pulmonaire provoqué par l'inhalation de poussières d'amiante <i>Date de création : J.O. du 25 mai 1996</i>			<i>Dernière mise à jour :</i>
Désignation de la maladie	Délai de prise en charge	Liste limitative des travaux susceptibles de provoquer cette maladie	
Cancer broncho-pulmonaire primitif.	35 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 10 ans)	<p>Travaux directement associés à la production des matériaux contenant de l'amiante.</p> <p>Travaux nécessitant l'utilisation d'amiante en vrac.</p> <p>Travaux d'isolation utilisant des matériaux contenant de l'amiante.</p> <p>Travaux de retrait d'amiante.</p> <p>Travaux de pose et de dépose de matériaux isolants à base d'amiante.</p> <p>Travaux de construction et de réparation navale.</p> <p>Travaux d'usinage, de découpe et de ponçage de matériaux contenant de l'amiante.</p> <p>Fabrication de matériels de friction contenant de l'amiante.</p> <p>Travaux d'entretien ou de maintenance effectués sur des équipements contenant des matériaux à base d'amiante.</p>	

Tableau 4.2 – Tableau de maladies professionnelles n° 11.

TABLEAU N° 11 Intoxication professionnelle par le tétrachlorure de carbone Date de création : 14 décembre 1938 Dernière mise à jour : 21 octobre 1951 [Décr. n° 51-1215 du 3 oct. 1951]		
Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Néphrite aiguë ou subaiguë avec albuminurie, cylindrurie et azotémie progressive. Hépatonéphrite initialement apyrétique, icté- rigène ou non. Ictère par hépatite, initialement apyrétique. Dermites chroniques ou récidivantes. Accidents nerveux aigus en dehors des cas consi- dérés comme accidents du travail.	30 jours 30 jours 30 jours 7 jours 3 jours	Préparation, emploi, manipulation du tétrachlo- rure de carbone ou des produits en renfermant, notamment : – emploi du tétrachlorure de carbone comme dissolvant, en particulier pour l'extraction des matières grasses et pour la teinture-dégraissage ; – remplissage et utilisation des extincteurs au tétrachlorure de carbone.

Tableau 4.2 – Tableau de maladies professionnelles n° 62.

TABLEAU N° 62 Affections professionnelles provoquées par les isocyanates organiques <i>Date de création : 2 mars 1973</i> <i>Dernière mise à jour : 6 février 1983</i> <i>[Décr. n° 83-71 du 2 févr. 1983]</i>		
Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Blépharo-conjonctivite récidivante. Rhinopharyngite récidivante. Syndrome bronchique récidivant. Asthme ou dyspnée asthmatiforme, confirmé par tests ou par épreuves fonctionnelles, récidivant après nouvelle exposition. Lésions eczématiformes récidivant après nouvelle exposition au risque ou confirmées par un test épicutané positif au produit manipulé.	3 jours 3 jours 7 jours 7 jours 15 jours	Travaux exposant à l'inhalation ou à la manipulation d'isocyanates organiques, notamment : – fabrication et application de vernis et laques de polyuréthanes, fabrication de fibres synthétiques ; – préparation des mousses polyuréthanes et application de ces mousses à l'état liquide ; – fabrication et utilisation des colles à base de polyuréthanes ; – fabrication et manipulation de peintures contenant des isocyanates organiques.

Tableau 4.3 – Tableaux des principales maladies professionnelles.

N°	Intitulé du tableau
1	Affections dues au plomb et à ses composés.
2	Maladies professionnelles causées par le mercure et ses composés.
3	Intoxication professionnelle par le tétrachloroéthane.
4	Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant.
4bis	Affections gastro-intestinales provoquées par le benzène, le toluène, les xylènes et tous les produits en renfermant.
8	Affections causées par les ciments (alumino-silicates de calcium).
9	Affections provoquées par les dérivés halogénés des hydrocarbures aromatiques.
10	Ulcérations et dermites provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins, le chromate de zinc et le sulfate de chrome.
10bis	Affections respiratoires provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins.
10ter	Affections cancéreuses causées par l'acide chromique et les chromates et bichromates alcalins ou alcalino-terreux ainsi que par le chromate de zinc.
11	Intoxication professionnelle par le tétrachlorure de carbone.
12	Affections professionnelles provoquées par certains dérivés halogénés des hydrocarbures aliphatiques.
15	Affections provoquées par les amines aromatiques, leurs sels et leurs dérivés, notamment hydroxylés, halogénés, nitrés, nitrosés et sulfonés.
16	Affections cutanées ou affections des muqueuses provoquées par les goudrons de houille, les huiles de houille, les brais de houille et les suies de combustion du charbon.
20	Affections professionnelles provoquées par l'arsenic et ses composés minéraux.

N°	Intitulé du tableau
25	Pneumoconioses consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice libre.
30	Affections professionnelles consécutives à l'inhalation de poussières d'amiante.
30bis	Cancer broncho-pulmonaire provoqué par l'inhalation de poussières d'amiante.
32	Affections professionnelles provoquées par le fluor, l'acide fluorhydrique et ses sels minéraux.
33	Maladies professionnelles dues au béryllium et à ses composés.
36	Affections provoquées par les huiles et graisses d'origine minérale ou de synthèse.
37	Affections cutanées professionnelles causées par les oxydes et les sels de nickel.
43	Affections provoquées par l'aldéhyde formique et ses polymères.
47	Affections professionnelles provoquées par les bois.
49	Affections provoquées par les amines aliphatiques et alicycliques.
51	Maladies professionnelles provoquées par les résines époxydiques et leurs constituants.
59	Intoxications professionnelles par l'hexane.
61	Maladies professionnelles provoquées par le cadmium et ses composés.
62	Affections professionnelles provoquées par les isocyanates organiques.
64	Intoxication professionnelle par l'oxyde de carbone.
70	Affections respiratoires dues aux poussières de carbures métalliques frittés.
82	Affections provoquées par le méthacrylate de méthyle.
84	Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel.
95	Affections professionnelles de mécanisme allergique provoquées par les protéines du latex.

Il existe un certain nombre de pathologies à caractère professionnel, dont la déclaration est obligatoire pour tout médecin (généraliste, spécialiste, médecin du travail). Ces pathologies ne sont pas toutes dans les tableaux mais leur connaissance contribue à la création des nouveaux tableaux de maladies professionnelles et permet leur reconnaissance comme maladie professionnelle par la suite.

Le tableau 4.4 montre la liste annexée à l'article D. 461-1 du Code de la Sécurité sociale, des produits chimiques qui sont à l'origine de telles pathologies à déclarer obligatoirement par les médecins. Certains de ces produits sont déjà à l'origine de maladies professionnelles reconnues mais les déclarations concernent les manifestations qui ne rentrent pas dans la colonne de gauche des tableaux.

Tableau 4.4 – Liste des produits chimiques à l'origine de pathologies professionnelles dont la déclaration est obligatoire.

Annexe à l'article D. 461-1	
Liste des maladies ayant un caractère professionnel dont la déclaration est obligatoire pour tout docteur en médecine qui peut en avoir connaissance	
<i>A Maladies susceptibles d'avoir une origine professionnelle et d'être imputées aux agents chimiques suivants¹</i>	
Numéro d'ordre	Agents chimiques
4	Glucinium (béryllium) et ses composés.
5	Boranes.
6	Composés du carbone suivants ² : Oxyde de carbone ; Oxychlorure de carbone ; Sulfure de carbone ; Acide cyanhydrique ; Cyanures métalliques ;
<p>1. Les agents chimiques ont été classés dans l'ordre des numéros atomiques de l'élément le plus caractéristique.</p> <p>2. En raison de leur nombre considérable et de leur importance, les hydrocarbures et leurs dérivés ont fait l'objet d'une classification particulière prenant en considération leur fonction chimique (rubriques 601 et suivantes).</p>	

Numéro d'ordre	Agents chimiques
7	Composés du cyanogène ; Esters isocyaniques. Composés de l'azote suivants : Ammoniaque ; Oxydes d'azote ; Acide nitrique.
8	Ozone.
9	Fluor et ses composés.
15	Phosphore et ses composés, notamment les esters phosphoriques, pyrophosphoriques, thiophosphoriques, ainsi que les autres composés organiques du phosphore.
16	Composés du soufre suivants : Hydrogène sulfuré ; Anhydride sulfureux ; Acide sulfurique ; Mercaptans et thioéthers, thiophène, thiophénol et homologues, ainsi que les dérivés halogénés de ces substances ; Esters des acides du soufre.
17	Chlore et ses composés minéraux.
23	Oxydes de vanadium.
24	Chrome et ses composés.
25	Manganèse et ses composés.
28	Nickel et ses composés.
30	Oxyde de zinc.
33	Arsenic et ses composés.
35	Brome et ses composés minéraux.
48	Cadmium et ses composés.
53	Iode et ses composés minéraux.
80	Mercure et ses composés.
81	Thallium et ses composés.
82	Plomb et ses composés.
601	Hydrocarbures aliphatiques, saturés ou non, cycliques ou non ; Benzène, toluène, xylènes et autres homologues du benzène ; Vinylbenzène, divinylbenzène, diphényle, tétraline ; Naphtalènes et homologues.

Numéro d'ordre	Agents chimiques
602	Dérivés halogénés des hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques.
603	Alcools, polyalcools et leurs esters nitriques : Éthers, tétrahydrofurane, dioxane, oxyde de diphenyle et autres oxydes organiques, ainsi que leurs dérivés halogénés.
604	Phénols et homologues, naphthols et homologues, ainsi que leurs dérivés halogénés.
605	Aldéhydes, furfural.
606	Cétones, benzoquinone.
607	Acides organiques, leurs anhydrides, leurs esters, ainsi que les dérivés halogénés et ces substances.
608	Nitriles.
609	Dérivés nitrés aliphatiques. Dérivés nitrés des hydrocarbures aromatiques et des phénols.
610	Dérivés halogénés des dérivés nitrés des hydrocarbures et des phénols.
611	Dérivés azoïques et azoïques.
612	Amines aliphatiques et leurs dérivés halogénés. Amines et hydrazines aromatiques, ainsi que leurs dérivés halogénés, phénoliques, nitrosés, nitrés et sulfonés.
613	Pyridine et autres bases hétérocycliques.
620	Alcaloïdes. Substances hormonales.

Si tous les paramètres de la prise en charge ne sont pas conformes aux tableaux, la victime ou son ayant droit peut saisir le comité régional de reconnaissance des maladies professionnelles qui, après enquête, peut retenir ou pas la pathologie déclarée comme maladie professionnelle.

4.4 Concentrations limites des substances toxiques dans l'air

L'absorption des substances toxiques contenues dans l'air à travers les voies respiratoires, reste encore le mode de pénétration le plus courant des produits chimiques dans l'organisme. En effet, de très nombreuses subs-

tances et préparations chimiques émettent dans l'air, dès la température ambiante, et en quantités variables, des vapeurs qui se mélangent à l'air et sont inhalés ; une partie de la quantité de l'air aspiré est rejetée par l'expiration ; l'autre partie se retrouve au niveau des alvéoles pulmonaires et passe dans le sang.

Les quantités de vapeurs émises augmentent avec la température car elles dépendent essentiellement de la tension de vapeur de la substance. L'élévation de la température accroît donc le risque d'intoxication et d'incendie-explosion.

De même, les aérosols (poussières très fines, vésicules liquides, brouillards) qui restent en suspension dans l'air peuvent pénétrer dans l'organisme par la voie respiratoire.

Par conséquent, l'air qui se trouve à proximité d'un produit chimique est plus ou moins pollué tant par les vapeurs que par les aérosols émis. L'importance du risque est également liée à celles des quantités absorbées, autrement dit aux concentrations des polluants dans l'air ainsi que la durée de respiration de cet air.

Les concentrations en substances dangereuses ayant une grande influence sur l'importance des risques, les hygiénistes des différents pays industrialisés ont défini des valeurs limites, concentrations à ne pas dépasser, afin de ne pas nuire à la santé des travailleurs. Autrement dit, toute atmosphère dont la concentration en polluant chimique est supérieure à la valeur limite, présente un risque d'intoxication certain ; si cette concentration reste inférieure à la valeur limite, alors il y a peu ou pas de danger. On admet donc une certaine pollution de l'air inhalé, à condition qu'elle reste faible et acceptable.

Ces concentrations limites ont été déterminées empiriquement, en tenant compte de différentes données techniques, toxicologiques, cliniques, épidémiologiques, voire économiques. Elles ne peuvent être considérées comme des valeurs absolues et scientifiquement exactes ; d'ailleurs elles évoluent en fonction des nouvelles connaissances acquises sur ces produits. C'est la raison essentielle pour laquelle ces valeurs ont seulement un caractère indicatif et sont recommandées par les hygiénistes et les organismes officiels sans qu'elles soient rendues obligatoires, mises à part quelques substances pour lesquelles une réglementation impose des limites (amiante, silice, plomb et dérivés, benzène, chlorure de vinyle, acide cyanhydrique, bromure de méthyle).

Les concentrations limites n'ont rien à voir avec les limites olfactives ainsi que les limites d'inflammabilité et d'explosivité.

Les valeurs limites les plus anciennes (1938) sont les TLV (*threshold limit values*) américaines, publiées par l'association d'hygiéniste ACGIH. Les Alle-

mands ont établi les concentrations limites MAK. Les valeurs « soviétiques », qui ne sont pratiquement plus utilisées, sont très inférieures aux limites américaines. Il existe également depuis peu des valeurs limites indicatives fixées par des directives européennes.

En France, la notion de concentrations limites a subi plusieurs modifications ; actuellement et conformément aux directives européennes, on parle de **valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)**. On distingue :

- des valeurs limites indicatives (VL), à caractère non obligatoire mais dont le respect est vivement conseillé ;
- des valeurs limites réglementaires (VR), donc à caractère obligatoire.

On distingue trois types de valeurs limites réglementaires :

- des valeurs limites réglementaires indicatives (VLI), fixées par des arrêtés en application de l'article R. 232-5-5 et conformes aux directives européennes ;
- des valeurs réglementaires contraignantes (VLC), issues de décrets et concernant un nombre limité de substances très toxiques comme l'amiante, la silice, le bromure de méthyle, l'acide cyanhydrique, l'hydrogène phosphoré, le benzène, l'ammoniac, le chloroforme, le chlorure de vinyle, certaines poussières et vapeurs comme les poussières de bois, le plomb et dérivés, etc. ;
- des valeurs limites recommandées par la Caisse nationale de l'assurance maladie (CNAM) qui concernent seulement quelques substances toxiques comme le benzo (3,4) pyrène, cancérigène.

On distingue deux types de valeurs limites réglementaires indicatives :

- les valeurs limites court terme (VLCT), qui correspondent aux anciennes valeurs limites d'exposition (VLE), concentrations en polluants dans l'air à ne pas dépasser pour une exposition inférieure à 15 minutes ; VLCT et VLE sont équivalentes ;
- les valeurs limites pour une exposition de 8 heures, correspondant aux anciennes valeurs moyennes d'exposition (VME) ; ces concentrations limites ne doivent pas être dépassées pour une exposition de 8 heures, soit la journée.

D'une façon générale, ces VLEP sont données pour des substances pures, supposées seules présentes dans l'air respiré. En pratique, l'air des ateliers contient un grand nombre de polluants et l'effet global reste encore mal connu ; une convention d'additivité a été établie mais elle est loin d'être exacte. Globalement, le respect des VLEP est de nature à réduire le risque

d'intoxication à moyen et à long terme, sauf pour les produits cancérogènes pour lesquels des concentrations limites sont difficilement définissables.

Des protocoles d'analyse des concentrations de substances dangereuses ont été établis de façon à comparer les concentrations réelles de polluants dans l'air avec les valeurs limites ; les modes opératoires analytiques figurent dans la base de données de l'INRS, Métropol (www.inrs.fr) ; il existe également des modes opératoires pour les pays hors Union européenne.

Les VLE sont toujours supérieures aux VME.

Les concentrations limites sont exprimées soit en mg/m^3 (concentration pondérale), soit en ppm, (concentration volumique : partie par million). La correspondance entre ces deux unités à 20 °C est donnée par la formule suivante :

$$\text{Valeur en ppm} \times \text{Masse moléculaire}/24,45 = \text{Valeur en mg}/\text{m}^3$$

Ainsi pour l'alcool méthylique, la valeur limite est de 200 ppm ; sa masse moléculaire étant de 32, la valeur limite exprimée en mg/m^3 est :

$$200 \times 32/24,45 = 261 \text{ mg}/\text{m}^3$$

Les valeurs limites donnent une appréciation approximative rapide du risque d'intoxication par inhalation de l'air des ateliers et des postes de travail par comparaison avec les concentrations réelles obtenues par l'analyse physico-chimique ou encore au moyen de badges et de tubes colorimétriques.

Le tableau 4.5 donne une liste de produits industriels avec leurs VLE, VME, TLV et valeurs européennes (CE).

Tableau 4.5 – Concentrations limites des principaux produits industriels dans l'air.

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m^3	ppm	mg/m^3	ppm	ppm
Acétate de butyle	150	710	200	940	150	–
Acétate de méthyle	200	610	250	760	200	–
Acétate d'éthoxyéthyle	5	27	–	–	5	–
Acétate de méthoxyéthyle	5	24	–	–	5	–

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	ppm
Acétate de vinyle	10	30	–	–	10	–
Acétone	750	1 800	–	–	500	–
Acide acétique	–	–	10	25	10	25
Acide fluorhydrique	–	–	3	2,5	–	–
Acide formique	–	–	5	9	5	9
Acide cyanhydrique	2	2	10	10	–	–
Acide nitrique	2	5	4	10	2	–
Acroléine	–	–	0,1	0,25	0,1	–
Alcool isopropylique	–	–	400	980	400	–
Alcool méthylique	200	260	1 000	1 300	200	–
Aldéhyde acétique	100	180	–	–	25	–
Aldéhyde formique (formol)	0,5	–	1	–	0,3	–
Ammoniac	25	18	50	36	25	–
Argent et dérivés	–	0,1	–	–	0,1	0,01
Azote dioxyde NO ₂	–	–	3	6	3	–
Benzène	5	16	–	–	0,5	–
Béryllium et dérivés	–	0,002	–	–	0,002	–
Bois (poussières)	–	1	–	–	–	–
Brais de houille	–	0,2	–	–	0,2	–
Brome	–	–	0,1	0,7	0,1	–
Cadmium et dérivés	–	0,05	–	0,05	0,01	–
Carbone monoxyde CO	50	55	–	–	25	–

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	ppm
Chlore	–	–	1	3	0,5	–
Chrome VI et dérivés	–	0,05	–	–	0,5	–
Crésols	5	22	–	–	5	–
Cuivre (fumées)	–	0,2	–	–	0,2	–
Cyclohexanone	25	100	–	–	25	–
Dichloroéthane	200	810	–	–	100	–
Dichlorométhane	50	180	100	350	50	–
Di-isocyanate d'hexaméthylène (HDI)	0,01	0,075	0,02	0,15	0,005	–
Di-isocyanate de diphenylméthane (MDI)	0,01	0,1	0,02	0,2	–	–
Di-isocyanate de toluylène (TDI)	0,01	0,08	0,02	0,16	0,005	–
Diméthyl formamide (DMF)	10	30	–	–	10	–
Dioxanne	10	35	40	140	25	–
Fluor	–	–	1	2	–	–
Fluorures	–	2,5	–	–	–	–
Hexane n	50	170	–	–	–	–
Hydrogène sulfuré H ₂ S	5	7	10	14	–	–
Iode	–	–	0,1	1	–	–
Isophorone	–	–	5	25	–	–
Kaolin	–	10	–	–	–	–
Magnésium oxyde (fumées)	–	10	–	–	–	–

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	ppm
Manganèse (fumées)	–	1	–	–	–	–
Mercuré (vapeurs)	–	0,05	–	–	–	–
Méthyléthylcétone	200	600	–	–	–	–
Molybdène (dérivés solubles)	–	–	5	–	–	–
Naphtalène	10	50	–	–	–	50
Nickel et dérivés	–	1	–	–	–	–
Nitrobenzène	1	5	–	–	–	5
Nitroglycérine	0,1	1	–	–	–	–
Noir de carbone	–	3,5	–	–	–	–
Oxyde d'éthylène	1	–	5	–	–	–
Ozone	0,1	0,2	0,2	0,4	–	–
Pentachlorophénol	–	0,5	–	–	–	–
Perchloréthylène	50	335	–	–	–	–
Phénol	5	19	–	–	–	–
Phosphore blanc	–	0,1	–	0,3	–	–
Phtalate de dibutyle	–	5	–	–	–	–
Plomb et dérivés	–	0,15	–	–	–	–
Pyridine	5	15	10	30	–	15
Silice cristallisée (poussières)	–	0,05	–	–	–	–
Sodium bisulfite	–	5	–	–	–	–
Sodium hydroxyde (soude caustique)	–	2	–	–	–	–

Produits	VME		VLE		TLV	CE
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	ppm
Soufre dioxyde SO ₂	2	5	5	10	–	–
Styrène	50	215	–	–	–	–
Sulfure de carbone	10	30	25	75	–	–
Térébenthine (essence de)	100	560	–	–	–	–
Tétrachlorométhane	2	12	10	60	–	–
Tétrahydrofuranne	200	590	–	–	–	–
Titane oxyde	–	10	–	–	–	–
Toluène	100	375	150	550	–	–
Toluidine ortho	2	9	–	–	–	–
Trichloroéthylène	75	405	200	1 080	–	–
Trichlorométhane (chloroforme)	5	25	50	250	–	–
Xylènes	100	435	150	650	–	–
Zinc (oxyde et fumées)	–	5	–	–	5	–

4.5 Pollution de l'environnement

Les produits nocifs et toxiques polluent non seulement les lieux de travail, mais également l'environnement, la faune et la flore ; pour l'essentiel, les produits dangereux pour l'homme le sont également pour les plantes et les animaux ; certes, certaines variétés ou familles peuvent se montrer plus ou moins résistantes vis-à-vis de tel ou tel produit toxique, mais pratiquement toutes sont sensibles aux produits chimiques, qui perturbent leur fonctionnement suivant des processus similaires à ceux observés pour l'homme. Ces produits sont appelés **écotoxiques**.

La pollution de l'environnement par les produits chimiques se fait par les deux principales voies :

- rejet dans la nature environnante, volontairement ou accidentellement, des produits chimiques sous formes d'aérosols et de vapeurs ou gaz. Les cimenteries, les usines métallurgiques rejettent de grandes quantités de poussières minérales dangereuses ; l'industrie pétrochimique pollue l'atmosphère par des rejets de vapeurs d'hydrocarbures et autres produits de synthèse ; les imprimeries rejettent des vapeurs de solvants ; les chaufferies ainsi que les centrales thermiques rejettent dans l'air des aérosols, du gaz carbonique et autres vapeurs nocives ;
- rejet ou stockage de déchets industriels solides ou liquides dans la nature par enfouissement dans le sol ou encore dans des décharges contrôlées ou non, dans les cours d'eau ou les étangs, etc. Il s'agit d'une source de pollution importante dont l'effet ne se sent que souvent plusieurs années après, les éléments naturels comme l'eau, le vent facilitant leur dispersion dans la nature. Presque toutes les industries rejettent dans la nature des produits dangereux ; ainsi l'industrie papetière rejette dans les cours d'eau des produits soufrés toxiques, les ateliers de traitements de surface sont connus pour leurs rejets de polluants toxiques comme les sels de chrome, de cadmium, de nickel, des cyanures et des chromates ; on connaît aussi les déchets de l'industrie pétrochimique dans des containers stockés ou enfouis dans le sol, sans oublier les rejets de l'industrie agroalimentaire et des laboratoires pharmaceutiques ainsi que les activités agricoles, grandes consommatrices d'engrais et d'insecticides.

Tous ces rejets ne restent pas sur place mais peuvent se déplacer, souvent sur de longues distances, polluer ainsi une grande surface et augmenter le volume des dégâts.

Les gaz et vapeurs peuvent être dispersés par les vents et former des nuages qui se déplacent avant de retomber au sol.

Les liquides et les solides rejetés dans le milieu aqueux polluent l'eau, fermentent ou fixent l'oxygène contenu dans les eaux et ont ainsi un effet nocif sur la faune et la flore aquatique qui dépérissent.

Les liquides et les solides enfouis ou conservés à la surface du sol peuvent être entraînés par les eaux de ruissellement et les pluies et se retrouver dans la nappe phréatique, en la rendant impropre à la consommation.

Tous ces polluants, solides, liquides ou gazeux sont absorbés par les plantes et les animaux ou encore subissent, sous l'effet des agents atmosphériques, des transformations chimiques avant d'être absorbés et de perturber le fonctionnement des organismes vivants.

4.6 Principaux produits chimiques industriels dangereux

Plus d'un million de produits chimiques différents sont utilisés dans le monde entier, tant dans les activités professionnelles que domestiques. La plupart sont dangereux, certains sont toxiques voire mortels ; leur emploi est réglementé.

L'utilisation des substances et préparations dangereuses nécessite des précautions et la mise en place de mesures de prévention.

Étant donné que la connaissance de la nocivité des produits suppose des études toxicologiques longues et difficilement interprétables, des doutes persistent sur l'insécurité affichée pour certains produits mis récemment sur le marché.

Les produits chimiques industriels peuvent être groupés selon leurs propriétés chimiques, leur utilisation, etc. C'est cette dernière solution qui a été adoptée pour la présentation ci-après car elle est plus pragmatique et plus facile à consulter.

Les principales familles de substances et de préparations industrielles présentant des risques sont les suivantes.

4.6.1 Solvants

Il s'agit d'un groupe de produits très divers, tous liquides, ayant la propriété de dissoudre des solides, des liquides (on parle alors de miscibilité) et des gaz. De par leur propriété dissolvante, ils sont utilisés également pour diluer et fluidifier des produits pâteux ou visqueux, difficiles à mettre en œuvre. On les emploie un peu partout dans l'industrie comme nettoyants et dégraissants, comme diluants et dissolvants pour de nombreux produits.

L'eau est un excellent solvant et est couramment utilisée notamment pour dissoudre des produits minéraux (sels métalliques, acides, bases, anhydrides) et quelques produits organiques (alcools, acides, cétones). Par contre, elle ne dissout pas les produits gras (huiles, graisses) et une foule de produits organiques divers (résines, hydrocarbures, amines, etc.). Ces produits sont par contre solubles, partiellement ou totalement, dans les solvants.

Tous les solvants sans exception aucune sont nocifs par suite de leur action sur le système nerveux et sur l'épiderme ; certains solvants ont en plus une action pathologique sur les organes comme le foie et le sang.

La plupart des solvants sont volatils et émettent, dès la température ambiante, des vapeurs plus lourdes que l'air qui se diluent mal, d'où la possibilité de l'existence de poches d'air fortement polluées à proximité des sources d'émission de ces vapeurs.

Beaucoup de solvants sont reconnaissables à leur odeur caractéristique. La plupart des solvants sont des mélanges de deux ou plusieurs substances ayant chacune des propriétés dissolvantes particulières. De tels mélanges sont souvent utilisés comme solvants universels.

Certains solvants sont stabilisés par addition, à raison de quelques pour-cent de substances généralement réductrices (pour empêcher l'oxydation des solvants à l'air). Ces stabilisants comme le dioxanne sont souvent plus toxiques que le solvant lui-même.

Pour améliorer l'efficacité des solvants et diluants, on leur ajoute souvent des produits tels que les éthers de glycol, la cyclohexanone, l'isophorone, qui même présents en faible quantité (de l'ordre de 10 %), augmentent considérablement la toxicité du mélange.

Le tableau 4.6 donne un aperçu des principaux solvants industriels : leurs caractéristiques, leur toxicité ainsi que leurs principaux domaines d'application.

Tableau 4.6 – Principaux solvants industriels.

Familles	Substances	Toxicité*	N° tableau MP	Inflamabilité*	Usages
Hydrocarbures	Hexane	xxx	59	xxx	Colles (cuirs)
	Cyclohexane	x	84	xxx	Colles
	Benzène	xxx	4	xxx	Synthèse chimique
	Toluène	xx	4bis	xx	Courant
	Xylènes	xx	4bis	xx	Courant

* x pour faible, xx pour moyen, xxx pour élevé.

Familles	Substances	Toxicité*	N° tableau MP	Inflam- bilité*	Usages
Hydrocarbures halogénés (chlorés)	Chlorure de méthyle	x	27	x	Courant
	Chlorure de méthylène	xx	12	x	Résines et colles
	Tétrachlorure de carbone	xxx	1		Laboratoire
	Trichloréthylène	xx	12		Courant
	Perchloréthylène	xx	12		Courant
	Trichloroéthane	xx	12		Courant
Alcools	Méthanol	xxx	84	xxx	Courant
	Éthanol	x	84	xxx	Courant
	Isopropanol	xx	84	xx	Courant
	Éthylène-glycol	xx	84	x	Pharmacie
Produits oxygénés	Éther éthylique	x	84	xxx	Courant
	Éthers de glycol	xxx	84	x	Peintures et résines
	Acétone	x	84	xxx	Courant
	Méthyléthylcétone	x	84	xxx	Courant
	Acétate d'éthyle	x	84	xxx	Courant
	Dioxanne	xxx		xxx	Résines
	Tétrahydrofuranne	xx	84	xxx	Résines

* x pour faible, xx pour moyen, xxx pour élevé.

Familles	Substances	Toxicité*	N° tableau MP	Inflam- bilité*	Usages
Autres dérivés	Nitrobenzène	xxx	13		Résines
	Pyridine	xxx		x	Résines
	Diméthylformamide	xx	84	x	Résines
	Sulfure de carbone	xxx	22	xxx	Textiles
	Diméthylsulfoxyde	x	84		Résines

* x pour faible, xx pour moyen, xxx pour élevé.

Il est à signaler que le tableau de maladie professionnelle n° 84 concerne tous les solvants sans exception : syndromes ébrioux ou narcotique, dermite, eczéma.

4.6.2 Acides et bases

Les acides tels que chlorhydrique, nitrique, sulfurique, phosphorique, acétique, formique ainsi que les bases comme la soude, la potasse, la chaux, le gaz ammoniac et sa solution aqueuse l'ammoniaque, sont des substances très agressives et irritantes, capables de conduire à des brûlures chimiques de l'épiderme et des muqueuses allant jusqu'à des œdèmes pulmonaires (vapeurs d'acides chlorhydrique et nitrique, ammoniac) et des destructions de tissus cellulaires. Il en est de même pour certains gaz très réactifs et suffocants comme le fluor, le chlore, les vapeurs de brome, les oxydes d'azote. Plusieurs dérivés chlorés d'acides organiques sont également très agressifs.

La dangerosité de ces produits augmente avec leur concentration.

Certains gaz acides comme l'acide sulfhydrique (hydrogène sulfuré H_2S), l'acide cyanhydrique (gaz cyanhydrique HCN) sont extrêmement toxiques non pas à cause de leur acidité, mais par leurs autres propriétés chimiques particulières.

De même, une attention particulière doit être attachée à l'acide fluorhydrique HF, qui, en plus de son agressivité, possède une toxicité propre à cause de son action sur les os (calcification des ligaments et ostéocondensation diffuse, souvent mortelle).

Certains dérivés de l'ammoniac et notamment les amines aliphatiques légères (méthylamines, éthylamines) sont également irritants et agressifs.

Les anhydrides d'acides (anhydride chromique, anhydride sulfurique, anhydride acétique, etc.) ont des agressivités comparables à celles des acides forts.

4.6.3 Substances minérales : métaux, métalloïdes et dérivés

De nombreux éléments chimiques ainsi que leurs dérivés (oxydes, hydroxydes, sels, composés organo-métalliques) sont couramment utilisés dans l'industrie ; certains d'entre eux sont nocifs voire très toxiques.

Parmi les métaux les plus courants, il faut citer le plomb, le cadmium, le béryllium, le mercure, l'arsenic ainsi que la plupart de leurs dérivés.

Parmi les métalloïdes, les halogènes (fluor, chlore, brome, iode), le phosphore et leurs dérivés sont également dangereux.

4.6.4 Produits organiques

Un grand nombre de substances et préparations de la chimie organique présentent des risques d'intoxication qui conduisent essentiellement à des pathologies professionnelles.

Compte tenu de leur diversité, on peut les grouper en familles chimiques : ce sont les aldéhydes (formol, glutalaldéhyde, acroléine), les amines (surtout aromatiques : aniline, benzidine et autres), les dérivés nitrités et nitrosés (aromatiques ou de polyols), les peroxydes, les isocyanates, les époxydes (bisphénol), les éthers de glycol (propyl glycol), les nombreux dérivés chlorés et bromés de molécules organiques.

4.6.5 Produits cancérogènes

De nombreux produits industriels sont à l'origine de cancers professionnels. Il s'agit donc de substances toxiques ou très toxiques pour lesquelles de sévères mesures de prévention sont à mettre en œuvre. La plupart de ces cancers sont reconnus comme maladies professionnelles.

Généralement, sous l'appellation **cancérogènes CMR**, on regroupe trois familles de substances toxiques :

- les substances cancérogènes C proprement dites qui peuvent produire le cancer ou en augmenter la fréquence ;
- les substances mutagènes M qui peuvent produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence ;
- les substances toxiques pour la reproduction R qui peuvent produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

Périodiquement, le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer à Lyon) ainsi que d'autres organismes officiels publient des listes de substances cancérogènes ou suspectées comme telles. Les recherches toxicologiques de ces substances sont relativement délicates. Une directive européenne ainsi que le CIRC classe ses substances cancérogènes en trois groupes ou catégories :

- groupe 1 : substances cancérogènes pour l'homme (produits très toxiques) ;
- groupe 2 : substances probablement cancérogènes pour l'homme (produits toxiques) ;
- groupe 3 : substances pouvant être cancérogènes pour l'homme (produits nocifs).

Plusieurs tableaux de maladies professionnelles concernent les affections cancéreuses.

Les principaux produits industriels cancérogènes sont groupés dans le tableau 4.7.

Tableau 4.7 – Principaux produits cancérogènes industriels.

Familles	Produits	Activités dangereuses	N° tableaux MP
Métaux et produits minéraux	Arsenic et dérivés	Métallurgie – Pesticides	20, 20bis, 20ter
	Cadmium et dérivés	Métallurgie – Traitements de surface	61
	Dérivés du chrome VI	Fabrication et utilisation des chromates	10ter
	Nickel et dérivés	Grillage des mattes	37ter
	Plomb et composés	Métallurgie – Fabrications	1
Produits organiques	Béryllium et composés	Métallurgie – Tubes fluorescents	33
	Amiante	Isolations thermiques	30, 30bis
	Acrylonitrile	Matières plastiques	–
	Benzène	Solvants – Synthèses organiques	4
	Benzidine et dérivés	Matières colorantes – Pigments	–
	Bitume	Voirie	16bis
	Brais de houille	Cokeries – Métallurgie – Voirie	16bis
	Chlorure de vinyle	Matières plastiques	52
	Fumées de tabac	–	–
	Goudrons	Métallurgie – Voirie – Chaufferie	16bis

Familles	Produits	Activités dangereuses	N° tableaux MP
Produits organiques	Huiles de houille	Chaufferie – Métallurgie	16bis
	Huiles minérales	Usinages – Élastomères	36bis
	Naphtylamines	Synthèses organiques – Colorants	15ter
	Nitrosamines	Synthèses organiques	15
	Oxyde d'éthylène	Bactéricide – Désinfection	–
	Poussières de bois	Menuiserie – Ébénisterie	47
	HPA (hydrocarbures polycycliques aromatiques)	Usinage – Voirie – Distillation	16bis

5 • LES RÉACTIONS DANGEREUSES ET LE RISQUE D'INCENDIE-EXPLOSION

Un certain nombre de réactions chimiques sont appelées dangereuses car elles présentent des risques d'accidents et de sinistres, souvent très graves. Ces réactions sont à l'origine d'incendies, d'explosions et d'intoxications, d'où la nécessité de bien les connaître pour éviter qu'elles se produisent, d'autant plus qu'elles sont souvent difficilement contrôlables voire même incontrôlables.

5.1 Réactions chimiques dangereuses

On appelle produits incompatibles, les substances susceptibles de réagir brutalement lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres, en dégageant de la chaleur et des vapeurs toxiques.

La rencontre et la combinaison de deux produits incompatibles se traduisent par une réaction chimique dangereuse. Les désastres de Seveso et de Bhopal, et plus près de nous celui de Toulouse, qui ont fait de nombreuses victimes sont dus à de telles réactions.

La plupart des combustions sont des réactions dangereuses, le risque d'incendie-explosion étant l'une des conséquences de ces combinaisons chimiques exothermiques.

On peut distinguer trois catégories de réactions dangereuses :

- les réactions avec dégagement important de chaleur,
- les réactions avec dégagement de substances toxiques,
- les réactions avec dégagement simultané de chaleur et de produits toxiques.

Le nombre important de paramètres qui agissent sur ces réactions dangereuses les rend souvent imprévisibles et non contrôlables, d'où des accidents corporels et matériels. Dans l'industrie chimique où ces réactions sont mises en œuvre quotidiennement, la maîtrise de ces paramètres permet leur contrôle et réduit les risques chimiques existants, sans pour autant les supprimer.

Il en résulte une double nécessité :

- la bonne connaissance des possibilités d'existence de ces réactions dangereuses qui sont souvent des réactions secondaires. Elles passent par la connaissance des propriétés et de la réactivité des produits utilisés ainsi que celles des processus opératoires ;
- la prise des mesures au niveau de ces processus pour réduire la probabilité d'occurrence de ces réactions dangereuses.

5.1.1 Réactions chimiques exothermiques

Elles sont caractérisées par un important dégagement de chaleur (de calories) qui élève la température de la masse réactive, se traduisant :

- par un dégagement important de produits gazeux chauds ;
- par une accélération de la réaction (les vitesses de combinaison augmentent généralement avec la température) et par conséquent une augmentation encore plus rapide de la quantité de chaleur dégagée qui accroît à nouveau la vitesse de réaction et ainsi de suite ; il y a alors une réaction en chaîne difficilement contrôlable, allant jusqu'à l'explosion de la masse chauffée.

Parmi les nombreux types de réactions exothermiques dangereuses, les plus importants sont :

- les combustions qui dégagent une grande quantité de chaleur et les températures élevées atteintes (souvent plus de 1 000 °C) déclenchent des incendies et des explosions. Ces réactions seront étudiées plus en détail dans la partie consacrée aux risques d'incendie-explosion ;
- de nombreuses réactions d'hydratation : action de l'eau sur les oxydes de métalloïdes (anhydrides sulfurique, nitrique, phosphorique, etc.) et de métaux (chaux vive, oxyde de sodium), sur les métaux légers (magnésium, sodium, calcium). Ainsi l'eau réagit sur le sodium pour donner de la soude caustique et de l'hydrogène inflammable. La chaleur dégagée enflamme l'hydrogène, la masse s'échauffe et la réaction s'accélère ; le feu prend de l'ampleur ;

- les dilutions par l'eau d'acides et de bases forts concentrés (acide sulfurique, soude caustique) qui s'accompagnent d'un important dégagement de chaleur ; le liquide s'échauffe et un début d'ébullition peut donner des projections de gouttelettes agressives et corrosives, à l'origine de brûlures chimiques ;
- la réaction des acides forts sur les bases fortes en milieu concentré qui dégage également de la chaleur capable de faire bouillir le liquide et de conduire à des projections de gouttelettes agressives ;
- la combinaison d'oxydants et de réducteurs, substances incompatibles, qui entraîne des réactions très exothermiques ; la masse réactionnelle s'échauffe et c'est une véritable réaction en chaîne, à caractère explosif qui peut se déclencher ;
- de nombreuses réactions de polymérisation, de polycondensation ou de polyaddition exothermiques qui se transforment en réactions en chaîne dangereuses. Elles se produisent en présence de catalyseurs ou de durcisseurs. Si ceux-ci sont bien dosés, le dégagement de chaleur reste faible et contrôlable. Par contre, si le dosage est mauvais, un excès de catalyseur ou de durcisseur peut entraîner des réactions en chaîne. Ainsi, de nombreux feux et fumées intenses et même des explosions ont été constatés dans les ateliers de fabrication de stratifiés à base de polyesters styrénés catalysés par des peroxydes ou encore dans la fabrication de mousses polyuréthanes par mélange d'un polyol ou d'un polyester avec comme durcisseur des diisocyanates ;
- beaucoup de synthèses organiques qui sont exothermiques car elles font appel souvent à des produits plus ou moins incompatibles. La présence fréquente de solvants inflammables favorise la formation de flammes et des explosions. Les synthèses avec les organométalliques, les réactions de nitration, de sulfonation, de chloration, les réactions faisant appel à des hydrures, à l'hydrazine et autres produits réducteurs, peuvent revêtir également un caractère dangereux.

Les quantités de calories dégagées sont telles que ces réactions peuvent s'emballer rapidement et devenir incontrôlables.

Une variante de ces réactions dangereuses concerne les produits explosifs. Ici, il n'y a pas mélanges de produits incompatibles. On distingue deux possibilités :

- ou bien la substance elle-même est peu stable et a tendance à se décomposer ou se transformer brutalement sous l'influence d'un choc ou d'une élévation de la température. Il y a déflagration. C'est le cas de la plupart des hydrures, nitrures, peroxydes, persels (perchlorates, persulfates) ;
- ou bien la substance elle-même contient, dans sa molécule, une partie oxydante et une partie réductrice. Lors d'un apport d'énergie (choc, éléva-

tion de la température), les deux parties de la molécule réagissent entre elles suivant une réaction de décomposition explosive, rendue d'autant plus destructrice que cette décomposition s'accompagne de la formation de gaz et vapeurs chauds occupant un grand volume, d'où un effet destructeur dû à la surpression. Ainsi, pour la trinitroglycérine, les groupes nitro forment la partie oxydante et la glycérine le réducteur ; dans l'acide picrique ce sont les groupes nitro et phénol, dans le nitrate d'ammonium, engrais bien connu, les groupes nitro et ammonium.

L'accident d'AZF de Toulouse illustre parfaitement ces réactions dangereuses à caractère explosif, par le contact et le mélange accidentel de deux substances incompatibles.

5.1.2 Réactions avec dégagement de substances toxiques

Certains mélanges de produits incompatibles s'accompagnent, dès la température ambiante, de la formation de produits toxiques volatils qui peuvent pénétrer facilement dans l'organisme à travers les voies respiratoires essentiellement. C'est le cas de la plupart des réactions des acides forts (chlorhydrique, sulfurique, nitrique) sur des sels d'acides faibles (sulfures, cyanures, hypochlorites, sulfites, etc.). De tels mélanges, solides ou liquides, dégagent des gaz et des vapeurs extrêmement toxiques :

- sulfures → hydrogène sulfuré
- cyanures → gaz ou acide cyanhydrique
- sulfites → anhydride sulfureux
- hypochlorites → oxydes de chlore

La formation de mélanges dangereux est fréquente en milieu industriel et présente des risques d'intoxications graves. Plusieurs accidents mortels sont enregistrés périodiquement.

Les risques de formation de réactions dangereuses par mélanges accidentels de produits incompatibles sont importants dans les locaux de stockage de produits chimiques en général, ainsi que dans les activités faisant appel à de nombreux produits chimiques variés comme les traitements de surface, les traitements thermiques, le transport de produits dangereux, etc.

5.1.3 Réactions avec dégagement simultané de chaleur et de produits toxiques

De nombreuses réactions dangereuses sont à la fois exothermiques et dégagent des substances toxiques. Ces dernières sont d'autant plus dangereuses

qu'elles sont souvent chaudes et formées en quantités importantes, par suite de l'accélération des vitesses de réaction par la chaleur.

L'action des acides oxydants sur certains métaux (cuivre, fer, plomb, argent, etc.) s'accompagne d'un dégagement de chaleur et de gaz toxiques. Ainsi avec l'acide nitrique, il se forme des vapeurs nitreuses (de couleur rousse) toxiques ; avec l'acide sulfurique, il se dégage des oxydes de soufre, dont l'anhydride sulfureux très agressif et suffocant. Ces réactions sont également exothermiques et susceptibles de s'emballer pour aboutir à des explosions plus ou moins importantes.

Certaines réactions de polymérisation et de polycondensation exothermiques peuvent évaporer les monomères présents : dégagement de vapeurs de styrène lors de la polymérisation des polyesters (fabrication des stratifiés) ; dégagement d'isocyanates lors de la fabrication de polyuréthanes.

Les réactions explosives sont susceptibles de s'accompagner de formation de gaz et de vapeur nocifs tels les oxydes d'azotes irritants.

Le tableau 5.1 résume l'ensemble des types de réactions dangereuses courantes avec quelques exemples.

Les accidents de Seveso et de Bhopal sont des exemples concrets de ces réactions dangereuses ayant conduit à des explosions suivies de dégagements de substances toxiques.

Tableau 5.1 – Réactions dangereuses.

Type de réaction dangereuse	Conséquences résultantes	Exemples
Réactions exothermiques	Important dégagement de chaleur Accélération de la réaction Inflammation des vapeurs et gaz Explosions	Acides forts + bases fortes en milieu concentré Acides forts concentrés + eau Réactions de combustion et d'oxydation Réactions de polymérisation et polycondensation Synthèses organiques par les organomagnésiens Déflagration des explosifs

Type de réaction dangereuse	Conséquences résultantes	Exemples
Réactions avec formation de substances nocives ou toxiques	Formation et dégagement de substances nocives ou toxiques Décomposition de certains produits	Eau de javel ou hypochlorites + acides → oxydes de chlore Cyanures + acides → acide cyanhydrique Sulfures minéraux ou dérivés soufrés d'origine animale (dans les sédiments) + acide → hydrogène sulfuré Acide nitrique + certains métaux (cuivre, fer, argent) → oxydes d'azote (vapeurs nitreuses)
Réaction avec simultanément dégagement de chaleur et de substances nocives ou toxiques	Dégagement de chaleur plus ou moins important Formation de substances nocives ou toxiques	Acide nitrique + métaux → oxyde d'azote + chaleur Isocyanates + polyols → polyuréthanes + chaleur

5.1.4 Décompositions thermiques ou pyrolyses

De nombreuses substances chimiques et plus particulièrement les molécules organiques ne résistent pas aux températures élevées et se décomposent en donnant naissance à une foule de substances plus ou moins bien connues. Ces réactions sont appelées **décompositions thermiques** ou pyrolytiques ou encore **pyrolyses**. Elles sont fréquentes lors des incendies et explosions, et la plupart des produits qui se dégagent lors de ces phénomènes sont les produits de la pyrolyse.

La nature chimique et les quantités de substances formées dépendent essentiellement du produit décomposé et des températures atteintes ; aux températures élevées, seules subsistent les substances stables, notamment la vapeur d'eau et le gaz carbonique.

Ainsi, lors des incendies de matières plastiques, les températures atteintes ne sont généralement pas très élevées et il se forme un grand nombre de

produits, dont des goudrons et des produits très carbonés qui colorent les fumées en noir et dont certains sont cancérigènes. Le feu des matériaux chlorés dégage, suivant la température atteinte, des dioxines très toxiques ainsi que du gaz chlorhydrique et des oxydes de chlore.

La plupart des produits organiques commencent à se décomposer à partir de 150-200 °C et la décomposition est assez avancée vers 250-300 °C. Les produits minéraux se décomposent ou se transforment cristallographiquement à plus hautes températures, pas avant 400 °C.

Le tableau 5.2 donne les principales substances formées lors de la pyrolyse de produits industriels.

Tableau 5.2 – Principales substances formées lors des décompositions thermiques, autres que l'eau et le dioxyde de carbone.

Produits et matériaux hydrocarbonés et dérivés oxygénés
<p>Substances formées à basses températures</p> <p>Hydrocarbures (méthane, éthane, propane, benzène, cyclohexane) Dérivés de l'indène et furanniques Coumarone et dérivés Alcools (méthanol, éthanol), phénols Acides (acides formique et acétique)</p>
<p>Substances formées à hautes températures</p> <p>Vapeur d'eau et dioxyde de carbone Hydrocarbures polycycliques aromatiques pauvres en hydrogène Alcools et acides lourds</p>
Produits azotés
<p>Substances formées à basses températures</p> <p>Amines aliphatiques et aromatiques Amides aliphatiques et aromatiques Imines et imides Pyridine et dérivés Indène et dérivés Gaz cyanhydrique et cyanogène</p>

Substances formées à hautes températures

Ammoniac

Azote et oxydes d'azote dont NO₂**Produits chlorés****Substances formées à basses températures**

Acide chlorhydrique

Hydrocarbures surchlorés (tétrachlorure de carbone, perchloréthylène, etc.)

Acides chlorés (acides chloracétiques)

Substances formées à hautes températures

Chlore

Phosgène

Hydrocarbures polycycliques aromatiques chlorés

Produits soufrés**Substances formées à basses températures**

Thiols

Sulfure de carbone

Thiophène et dérivés

Thionaphtène

Substances formées à hautes températures

Anhydride sulfureux

Acide sulfurique

Hydrocarbures polycycliques aromatiques soufrés (thioanthracène, thiofluorène)

Une variante de ces réactions de décomposition thermique est la réaction des explosifs. Ces molécules très instables se décomposent sous l'influence d'une élévation locale de la température suivant une réaction explosive plus ou moins violente.

5.2 Risque d'incendie-explosion

L'incendie et l'explosion forment le deuxième risque chimique important et fréquent. Ils sont la conséquence d'une réaction dangereuse, la combustion. Les combustions sont des réactions fortement exothermiques, c'est-à-dire dégageant de grandes quantités d'énergie, surtout sous forme de chaleur (calories). L'échauffement produit décompose en partie les produits avec formation de gaz et de vapeurs qui peuvent s'enflammer ou exploser par suite d'une augmentation rapide de la pression.

5.2.1 Le triangle du feu

Pour qu'il y ait combustion, il faut la présence simultanée de trois éléments ; le triangle du feu schématise cette réaction (figure 5.1).

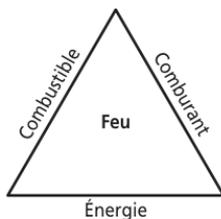


Figure 5.1 – Le triangle du feu.

Un *combustible* (appelé aussi substance inflammable) est un produit qui a la propriété de se combiner à l'oxygène pour conduire à une réaction de combustion. La grande majorité des produits organiques contenant du carbone et de l'hydrogène sont combustibles.

Plusieurs produits minéraux : l'hydrogène, l'oxyde de carbone, l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique, le sulfure de carbone sont également combustibles même s'ils ne renferment pas toujours du carbone et de l'hydrogène.

Les principaux produits formés lors des combustions sont la vapeur d'eau et le gaz carbonique. Les produits azotés dégagent en plus des oxydes d'azote et les produits soufrés de l'anhydride sulfureux.

La combustion des produits naturels (charbon, dérivés du pétrole, alcools, etc.) dégage de la chaleur, de la vapeur d'eau et du gaz carbonique.

Un *comburant* est une substance apportant de l'oxygène libre (air) ou combiné (substances riches en oxygène : peroxydes, acides et sels oxydants, etc.).

La réaction de combustion est d'autant plus aisée que le mélange comburant + combustible est homogène et relativement concentré car la réaction suppose un contact intime entre les molécules en présence.

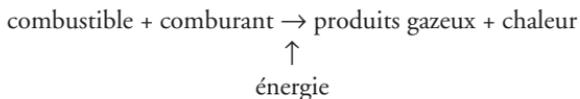
Une *énergie* active les molécules du combustible et du comburant et rend la réaction de combustion possible. L'énergie nécessaire pour amorcer cette combinaison dépend essentiellement du combustible et correspond le plus souvent à de l'énergie thermique.

Les principales sources de l'énergie nécessaires pour initier les combustions sont :

- les flammes et les feux nus. Les températures atteintes dépassent facilement 1 000 °C ; l'énergie fournie est alors suffisante pour activer les molécules du combustible et du comburant et de déclencher les réactions de combustion ;
- les surfaces chaudes et les points chauds. Même si les températures atteintes ne sont pas très élevées, certaines combustions peuvent avoir lieu compte tenu du fait que les surfaces métalliques plus ou moins oxydées peuvent catalyser ces réactions et ainsi baisser l'énergie minimale d'activation ;
- les étincelles d'origine électrique. Elles sont à l'origine de nombreux sinistres, incendies ou explosions. Il y a lieu de distinguer deux cas :
 - les étincelles électriques dues à des courts-circuits ou interruptions du circuit électrique (interrupteurs, prises, moteurs) ;
 - les étincelles d'origine électrostatiques, fréquentes chaque fois que des matériaux non conducteurs ou des produits non conducteurs en mouvement sont mis en œuvre. La décharge des charges électriques accumulées par les frottements conduit à la formation d'étincelles ;
- les étincelles d'origine mécanique. Le choc entre deux matériaux durs non déformables donne des étincelles dues à l'énergie dissipée par le choc ;
- les rayonnements électromagnétiques à haute énergie comme les UV, les rayons X, les rayons gamma (radioactivité), les lasers ; l'énergie de ces rayonnements est suffisamment élevée pour initier des réactions de combustion. Un mélange d'hydrogène et de chlore exposé à la lumière solaire explose.

Cette énergie est plus ou moins importante et dépend essentiellement de la nature du combustible et du comburant, de la concentration du mélange, de la température et de la pression.

La réaction de combustion peut être schématisée suivant :



C'est cette chaleur dégagée qui est à l'origine du feu et des explosions.

Un paramètre important qui détermine les caractéristiques de la combustion est la vitesse de réaction. Cette vitesse augmente avec l'état de division des produits et l'homogénéité du mélange dans des limites définies. La vitesse de dégagement de chaleur suit la même règle et détermine les conséquences et les caractéristiques de la combustion (figure 5.2) :

- une réaction très lente (plusieurs jours voire plusieurs années) se traduit par une oxydation du combustible (rouille du fer) le dégagement de chaleur étant imperceptible. Ces réactions ne présentent aucun risque d'incendie-explosion ;
- une réaction rapide (quelques secondes) dégage suffisamment de chaleur pour décomposer le combustible en gaz et vapeurs susceptibles de s'enflammer ; c'est le début de l'incendie ;
- une réaction extrêmement rapide (fraction de seconde) avec dégagement immédiat de grandes quantités de chaleur et de gaz se traduit par une élévation considérable de la pression interne, c'est l'explosion.

A

NOTIONS DE BASE

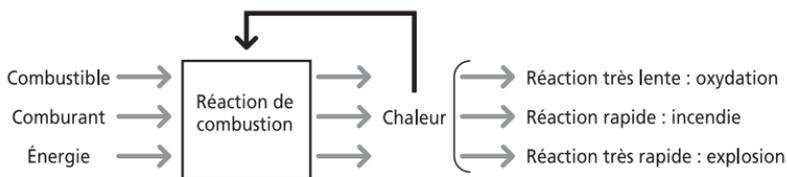


Figure 5.2 – La réaction de combustion.

Le tableau 5.3 montre les caractéristiques de quelques réactions de combustion.

Remarques

Du tableau 5.3, on déduit les résultats suivants.

L'hydrogène et l'acétylène sont les produits les plus inflammables puisque les énergies d'inflammation minimales sont les plus faibles. C'est l'acétone qui est le produit le moins inflammable à l'exception du benzène dont la valeur n'est pas connue car elle est très élevée.

C'est l'acétylène qui a le pouvoir explosif le plus élevé car sa pression maximale d'explosion est la plus importante.

Ce sont les mélanges hydrogène + air qui sont explosifs pour les plus faibles concentrations en combustible.

Tableau 5.3 – Caractéristiques d'inflammabilité et d'explosivité de quelques réactions de combustion.

Substances inflammables	Énergies minimales d'inflammation (mJ)	Pressions maximales d'explosion (bar)	Pourcentages du mélange pour une pression maximale
Hydrogène	17	7,3	4,5 %
Méthane	300	7,0	11,5 %
Éthane	250	7,0	10,5 %
Éthylène	70	8,5	9,8 %
Acétylène	17	10,5	8,0 %
Butane	250	7,0	10,7 %
Acétone	1 150	7,0	11,0 %
Éther	200	7,5	9,5 %
Hexane	288	6,6	10,9 %
Benzène	–	7,0	10,5 %

Les feux et les incendies sont les conséquences directes des réactions de combustion. Il n'en est pas de même pour les explosions qui peuvent avoir pour origine des réactions dangereuses autres que les combustions.

Les explosions peuvent, suivant les circonstances, précéder ou suivre un incendie, mais également se produire sans qu'il y ait du feu.

La figure 5.3 schématise l'amorçage d'une explosion.

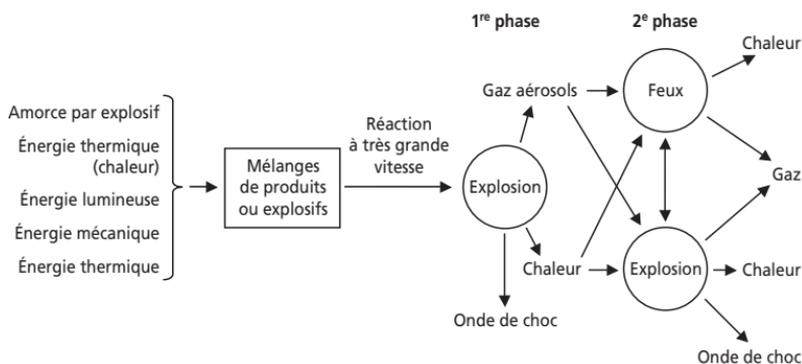


Figure 5.3 – Amorçage d'une explosion.

5.2.2 Réactions explosives

Ces réactions se caractérisent par leurs vitesses très élevées, les réactions dangereuses étant instantanées. Suivant l'importance des vitesses de réaction, on distingue :

- les **déflagrations**, qui sont des explosions de faible ampleur ; le dégagement gazeux reste important et la vitesse de réaction n'est pas suffisante pour donner naissance à une onde de choc très destructrice car plus énergétique ; elles peuvent être comparées à des combustions vives correspondant à des incendies se propageant très vite ; elles sont souvent accompagnées d'émission de substances toxiques ;

– les **détonations**, qui correspondent à des vitesses de réaction très élevées et très énergétiques, sont accompagnées d'une onde de choc due à la brusque augmentation de la pression par suite du dégagement important de gaz ; cette onde de choc est caractérisée par une succession d'ondes de surpression suivies d'ondes de dépression et c'est elle qui est à l'origine des destructions mécaniques importantes ; c'est notamment le cas de l'explosion d'AZF à Toulouse dont l'onde de choc produite a détruit les édifices alentour. Ce sont surtout les décompositions des explosifs qui sont des détonations.

Bien entendu, ce sont les réactions dangereuses qui sont à l'origine des déflagrations et détonations, à savoir les réactions entre produits incompatibles, les réactions de combustion des produits inflammables et la décomposition des explosifs.

Les phénomènes explosifs sont plus complexes et souvent assez difficiles à étudier ; d'une façon générale, chaque fois qu'il existe un risque d'incendie, on ne peut pas écarter la présence d'un risque d'explosion et réciproquement. En pratique, l'incendie suit ou précède très souvent l'explosion, mais il existe aussi des feux sans explosions et des explosions sans incendies.

5.2.3 Appréciation du risque d'incendie-explosion

Tous les mélanges combustible + comburant (l'air en l'occurrence) ne s'enflamment pas ni n'explosent ; seuls les mélanges dont la composition se trouve entre deux concentrations limites peuvent s'enflammer ou exploser. Ainsi pour l'acétone, seuls les mélanges avec l'air contenant entre 2,6 % et 16 % en volume d'acétone dans l'air, peuvent s'enflammer ; pour l'explosion, la plage entre les deux limites est encore plus étroite ; l'explosion a sa puissance maximale pour une concentration de 6 % dans l'air.

Sur le plan pratique, la combustibilité d'un produit se traduit par son inflammabilité et son explosibilité, d'où la mise en place de paramètres définissant le pouvoir inflammatoire et l'aptitude à exploser des substances et des mélanges.

■ Détermination de l'inflammabilité des produits solides, liquides ou gazeux

Sur le plan pratique, il est essentiel de connaître l'inflammabilité et l'explosibilité des substances mises en œuvre et les limites des concentrations des mélanges avec l'air.

Les deux principaux paramètres qui déterminent l'aptitude à la combustion des produits sont les suivants.

- Le point d'éclair (*flash point*) : indice expérimental ; c'est la température à laquelle il faut porter un produit liquide ou solide placé dans une coupelle (généralement fermée) chauffée pour qu'il s'enflamme à l'approche d'une flamme. C'est le paramètre le plus fréquemment utilisé pour caractériser l'inflammabilité d'un produit. Les gaz n'ont pas de point d'éclair. Plus le point d'éclair d'un produit est bas, plus celui-ci est inflammable (figure 5.4).
- Le point d'auto-inflammation : c'est la température à laquelle un produit solide ou liquide contenu dans un récipient s'enflamme dans l'air, sans apport de flamme. Le point d'auto-inflammation est pratiquement toujours supérieur à 250 °C, sauf pour quelques produits extrêmement inflammables comme l'éther (160 °C), le sulfure de carbone (100 °C). Certains produits se décomposent avant cette température, d'où des erreurs d'interprétation possibles.

Ces deux valeurs sont purement expérimentales et dépendent beaucoup des conditions opératoires et des appareils utilisés. Les mesures donnent l'ordre de grandeur (à 10 % près) et permettent des comparaisons facilitant le choix entre plusieurs produits inflammables.

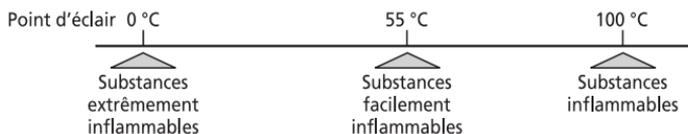


Figure 5.4 – Points d'éclair et points d'inflammabilité.

■ Détermination de l'inflammabilité des mélanges avec l'air

Pour les mélanges combustibles + air, on a défini des concentrations limites inférieures et supérieures d'inflammation, d'explosibilité et de détonation (figure 5.5).

Tout mélange dont la concentration en combustible est inférieure à LII (limite inférieure d'inflammation) ou supérieure à LSI (limite supérieure d'inflammation) ne peut pas s'enflammer. Tout mélange dont la concen-

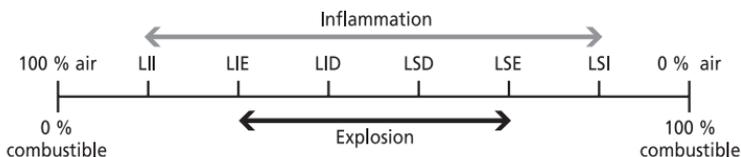


Figure 5.5 – Concentrations limites inférieures et supérieures d'inflammation, d'explosibilité et de détonation.

tration en combustible est inférieure à LIE (limite inférieure d'explosibilité) ou supérieure à LSE (limite supérieure d'explosibilité) ne peut pas exploser. Les limites inférieures et supérieures de détonation, LID (limite inférieure de détonation) et LSD (limite supérieure de détonation) sont très peu utilisées. Si l'air est enrichi en oxygène (contient plus de 20 %), la LSE augmente.

Des appareils permettent la mesure de ces limites. Il s'agit essentiellement d'explosimètres qui sont des appareils étalonnés pour un gaz donné, en pourcentage de concentration. Leur principe est basé sur la mesure électrique d'un échauffement provoqué par l'oxydation catalytique du combustible. Ces appareils de maniement aisé sont couramment utilisés pour l'appréciation du risque d'explosion dans les locaux (ateliers, magasins de stockage etc.).

Il faut signaler que les LII et LIE sont très supérieures aux concentrations limites de toxicité.

Le tableau 5.4 donne les caractéristiques d'inflammabilité et d'explosibilité de quelques produits industriels.

Tableau 5.4 – Caractéristiques d'inflammabilité des produits chimiques.

Produits	Température d'ébullition (°C)	Point éclair (°C)	Température d'auto-inflammabilité (°C)	LII (%)	LSI (%)
Gaz combustible					
Acétylène	- 160	gaz	5	5	15
Ammoniac	- 103	gaz	490	2,7	36
Éthylène	- 83	gaz	300	2,5	81
Hydrogène	- 33	gaz	650	1,6	25
Méthane	- 250	gaz	400	4	75
Oxyde de carbone	- 190	gaz	605	12,5	74
Hydrocarbures liquides					
Benzène	80	- 11	560	1,4	7,1
Cyclohexane	82	20	260	3	8
Essences A à G	40 à 210	- 20 à - 10	235	1	6,5
Kérosène	150 à 300	38	225	0,7	5
Styrène	145	32	490	1,1	6,1
Toluène	130	4	480	1,2	7,1
White-spirit	135 à 205	30	230	1	6
Xylènes	140	27 à 32	500	1	7
Alcools					
Éthanol	78	12	420	4,3	19
Isopropanol	83	11	395	2	12
Furfural	170	75	490	1,8	16,3
Méthanol	64	11	460	7,3	36
n-butanol	117	29	343	1,4	11,2
Solvants divers					
Acétone	57	- 17	535	2,6	12,8
Acétate d'éthyle	77	- 4	425	2,5	9

A

NOTIONS DE BASE

Produits	Température d'ébullition (°C)	Point éclair (°C)	Température d'auto-inflammabilité (°C)	LII (%)	LSI (%)
Éther (éthylque)	115	- 45	160	1,9	36
Éthylène-glycol	197	111	400	3,2	-
Cyclohexanone	155	43	420	1,1	-
Isophorone	215	84	460	0,8	3,8
Méthyle éthyle cétone (MEK)	80	- 9	404	1,8	10
Nitrobenzène	210	87	480	1,8	-
Produits divers					
Formaldéhyde	19	gaz	430	7	73
Éthanolamine	171	85	-	-	-
Phénol	181	79	715	-	-
Sulfure de carbone	46	- 30	90	1,3	50
Toluylène-2,4-diisocyanate (TDF)	251	132	-	0,9	9,5

5.2.4 Principales familles de produits présentant le risque d'incendie-explosion

■ Solides

De nombreux produits solides combustibles, surtout sous forme de poudre fine et très fine (< 1 µm) présentent, à l'air libre, des risques d'incendie-explosion. Parmi ceux-ci, il y a lieu de signaler :

- les métaux : aluminium, magnésium, fer, silicium, étain ;
- les autres produits minéraux : soufre, charbon de bois, graphite, certains sels (nitrates, chlorates) et persels, peroxydes ;
- les produits alimentaires : amidon, farine, sucre, riz, lait en poudre ;
- les produits naturels : bois, arachide, coton, cellulose ;
- de nombreux produits organiques : matières plastiques (autres que les chlorés), résines, asphalte, goudrons, savons, suie, etc.

Le risque d'incendie-explosion augmente avec la finesse de la poussière, la pression, l'absence d'humidité, la température, etc.

■ Liquides

Les produits liquides combustibles, surtout sous forme d'aérosols, brouillards, liquides pulvérisés, ainsi que les vapeurs émises, sont à l'origine d'incendies et d'explosions. Parmi les produits industriels, il y a lieu de citer :

- les solvants (autres qu'halogénés sauf ceux qui sont faiblement chlorés) ;
- les hydrocarbures, alcools, cétones, acides, anhydrides ;
- les résines non chlorées ;
- les amines et leurs dérivés.

Bien que la densité des vapeurs des liquides soit généralement très supérieure à celle de l'air, la formation de mélanges homogènes explosibles est fréquente. La connaissance des points d'éclair de ces liquides aide les utilisateurs dans le choix des produits les moins inflammables ; plus le point d'éclair est bas, plus le produit est inflammable, donc le risque d'incendie-explosion est élevé.

■ Gaz

De nombreux gaz minéraux et organiques sont très inflammables et donnent avec l'air des mélanges explosifs à fort pouvoir destructeur, par suite de la formation de mélanges gazeux homogènes, même si les densités de ces gaz sont très différentes de celle de l'air.

Parmi les gaz inflammables, les plus courants sont : l'hydrogène, l'ammoniac, l'oxyde de carbone, l'hydrogène sulfuré, les hydrocarbures (méthane, éthane, propane, butane, éthylène, acétylène), etc.

■ Substances comburantes

Les principales substances comburantes, appelées également oxydants, réagissent avec les produits réducteurs suivant des réactions exothermiques.

Les principaux produits comburants sont :

- solides : chlorates, perchlorates, nitrates, persulfates, peroxydes minéraux, peracides, etc. ;
- liquides : eau oxygénée, peroxydes organiques, etc. ;
- gaz : oxygène, ozone, oxyde d'éthylène, bioxyde d'azote.

Certaines substances comme le chlore, le fluor peuvent être considérées comme des comburants bien qu'ils ne comportent pas d'oxygène dans leurs molécules.

■ Explosifs et produits pyrotechniques

Ces produits ont tous tendance à exploser soit à cause de leur instabilité chimique, soit par la présence dans leurs molécules de parties réductrices (combustibles) et des parties oxydantes (comburants).

En fonction de la vitesse de combustion toujours élevée, il y a lieu de distinguer deux types d'explosion :

- la déflagration correspondant à des vitesses de l'onde de pression de quelques dizaines de mètres par seconde, les surpressions ne dépassant pas 10 bar ;
- la détonation qui correspond à des vitesses de l'onde de pression de plusieurs milliers de mètres par seconde. Les surpressions peuvent atteindre 30 bar.

Les détonations ont un pouvoir destructeur plus élevé que les déflagrations à cause des pressions élevées atteintes pendant un temps très court.

Les explosifs peuvent être classés en trois groupes :

- les explosifs primaires ou d'amorçage comme le fulminate de mercure, le tétrazène qui servent à amorcer l'explosion, autrement dit apportent l'énergie nécessaire à la réaction explosive du reste du produit. Les explosifs primaires sont amorcés à leur tour par l'étincelle électrique ;
- les explosifs secondaires correspondent à la masse explosive proprement dite (comme la dynamite), à base de dérivés nitrés (nitroglycérine) ou nitrates (nitrate d'ammonium) ;
- les poudres de propulsion pour armes à base de nitrocellulose et de nitroglycérine, ainsi que les propergols, de composition proche des précédents utilisés pour la propulsion des fusées.

Les poudres de propulsion et les propergols sont des explosifs contrôlables comme certaines combustions.

5.3 Réglementation

L'article R. 231-51 du Code du travail distingue cinq catégories de substances et de préparations dangereuses, présentant le risque d'incendie-explosion.

Explosibles : substances et préparations solides, liquides, pâteuses ou gélatineuses qui, même sans intervention d'oxygène atmosphérique peuvent présenter une réaction exothermique avec développement rapide de gaz et

qui, dans des conditions d'essais déterminées, détonent, déflagrent rapidement, ou sous l'effet de la chaleur explosent en cas de confinement partiel.

Comburentes : substances et préparations qui, au contact d'autres substances, notamment inflammables, présentent une réaction fortement exothermique.

Extrêmement inflammables : substances et préparations liquides dont le point d'éclair est extrêmement bas et le point d'ébullition bas, ainsi que substances et préparations gazeuses, qui, à température et pression ambiantes, sont facilement inflammables à l'air.

Facilement inflammables : substances et préparations :

- qui peuvent s'échauffer au point de s'enflammer à l'air à température ambiante sans apport d'énergie ;
- à l'état solide, qui peuvent s'enflammer facilement par une brève action d'une source d'inflammation et continuer à brûler ou à se consumer après l'éloignement de cette source ;
- à l'état liquide, dont le point d'éclair est très bas ;
- ou qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, produisent des gaz extrêmement inflammables en quantité dangereuse.

Inflammables : substances et préparations liquides, dont le point d'éclair est bas.

Il existe une réglementation importante dans le domaine de la prévention des incendies-explosions et de la lutte contre le feu. Cette réglementation émane de plusieurs Codes (travail, urbanisme, environnement, etc.). Il existe également de nombreuses notes techniques.

Le *Journal officiel* publie périodiquement un ouvrage consacré à ce problème, groupant l'ensemble des textes législatifs et réglementaires relatifs à la sécurité contre l'incendie dans différents domaines : établissements recevant du public, immeubles de grande hauteur, bâtiments d'habitation collective, établissements industriels et commerciaux.

B

Prévention du risque chimique

6 • LA DÉTECTION ET L'ÉVALUATION DES RISQUES CHIMIQUES

6.1 Généralités

Afin de mettre en place les mesures de prévention pour pouvoir effectuer en toute sécurité les différentes phases des processus industriels, il est indispensable de bien connaître tous les paramètres qui les caractérisent qui sont les suivants :

- les produits chimiques présents, même à titre de traces et notamment les produits dangereux ;
- les processus et mécanismes réactionnels qui sont mis en œuvre, y compris les réactions secondaires ;
- les installations et leurs équipements qui permettent d'effectuer les différentes opérations nécessaires à la production envisagée.

La bonne connaissance de ces paramètres doit précéder de préférence le choix des produits utilisés, des modes opératoires et des installations nécessaires à la production. C'est le principe même de la prévention intégrée qui intervient au niveau de la conception de l'ensemble des éléments de production.

Cependant, et notamment pour les installations existantes, la connaissance et la détermination de ces paramètres peuvent être faites ultérieurement, lors du fonctionnement des installations, afin de supprimer les risques existants. Cette deuxième solution prend toute son importance pour la prévention des risques professionnels de moindre ampleur.

Il y a donc lieu de prévoir deux stades d'acquisition de connaissances :

- celui réalisé au niveau de la conception et des choix, avant la mise en place des différents paramètres ;

– celui effectué après que l'installation a été réalisée et est en cours de fonctionnement.

Il est évident que la solution qui consiste à acquérir toutes les connaissances au niveau de la conception et de la préparation est de loin la meilleure, car elle permet de mettre en évidence, dès le départ et avant toute décision et réalisation, les risques existants et les moyens de prévention à mettre en place, en les intégrant au mieux aux fabrications. C'est la raison essentielle pour laquelle cette solution doit impérativement être choisie en cas de risques industriels majeurs, solution d'ailleurs rendue obligatoire par le Code de l'environnement et la procédure des installations classées.

La deuxième solution qui consiste à intervenir en cours de fonctionnement ne s'adresse qu'aux risques de faible ampleur, autrement dit aux risques professionnels qui sont limités le plus souvent aux postes de travail et aux ateliers et pour lesquels la mise en place des mesures de prévention est généralement plus simple et peu onéreuse.

Mais, dans les deux cas, l'acquisition des connaissances avant toute décision et lors de la conception reste la meilleure solution, car c'est souvent la plus efficace et la plus économique.

Dans ce qui suit, nous étudierons ces deux solutions.

6.2 Acquisition des connaissances au niveau de la conception et des décisions

Cette phase consiste à recueillir un maximum d'informations sur les produits chimiques utilisés ou susceptibles de se former, sur les réactions chimiques et leurs mécanismes, sur les réactions secondaires éventuelles, sur les installations (appareillage, équipements) les mieux adaptées aux besoins et enfin sur les équipements de sécurité à mettre en place.

6.2.1 Connaissances des produits chimiques

Elles sont acquises généralement :

– par l'enseignement (université, écoles d'ingénieurs, enseignement technique, etc.). Les enseignements supérieurs et techniques se sont intéressés

- aux risques professionnels depuis quelques décennies en les incluant dans leur cursus. Des DUT spécialisés en hygiène et sécurité sont délivrés ;
- par la lecture d'ouvrages techniques, nombreux et variés et qui traitent des différents aspects de la sécurité et des risques professionnels (voir bibliographie en fin d'ouvrage) ;
 - par la lecture de revues techniques sur la sécurité ; il en existe plusieurs. On trouve également, dans des revues professionnelles spécialisées, des articles traitant des risques et de la prévention spécifiques à ces activités ;
 - par la lecture de documents sur l'hygiène et la sécurité comme les brochures éditées par l'INRS, l'INERIS, le Bureau international du travail, les *Journaux officiels* (textes réglementaires), etc. ;
 - par l'expérience, élément important dans la recherche des produits chimiques dangereux ; la connaissance des incidents et des accidents, atout précieux, permet, par extrapolation pour une activité donnée, de cerner le risque. Certaines revues professionnelles relatent des accidents et des incidents survenus dans la profession et proposent quelquefois des solutions de prévention. Cette expérience est acquise soit sur le terrain, soit par la lecture des revues.

Ainsi la connaissance théorique et livresque de la fabrication et de l'utilisation des peintures industrielles met en évidence la mise en œuvre de nombreux solvants nocifs et inflammables et de résines et pigments à l'origine d'intoxications. D'où la nécessité de rechercher de tels produits dans les ateliers, avant l'évaluation des risques et la mise en place des mesures de sécurité bien connues.

6.2.2 Étude des processus réactionnels et des modes opératoires

C'est la phase qui suit celle de l'acquisition des connaissances sur les propriétés des produits. Il est indispensable de bien connaître les réactions et leurs mécanismes, quelle que soit la dangerosité des produits présents ; cette phase est d'une grande importance lorsque des produits dangereux sont présents ou encore lorsque des produits incompatibles ou toxiques peuvent se former. Ainsi, certaines réactions exothermiques peuvent donner des explosions ou encore donner naissance à des sous-produits très toxiques.

Ce sont le plus souvent les réactions secondaires qui, par suite de dépassements de certains paramètres, dont la température ou la présence d'impuretés, sont à l'origine des dangers, d'où la nécessité de bien cerner

l'éventualité de telles réactions secondaires. Par exemple, lors des réactions faisant appel à des substances organiques chlorées, le dépassement de température du milieu réactionnel peut favoriser la formation de dioxines très toxiques. Ce fut le cas de l'accident de Seveso. De même, c'est le contact d'un produit chloré avec le nitrate d'ammonium stocké qui a déclenché l'explosion de Toulouse.

Cette étude est effectuée essentiellement en consultant des ouvrages spécialisés scientifiques et techniques et des monographies qui indiquent entre autres choses les réactions secondaires susceptibles de se produire.

La connaissance des processus réactionnels est certainement aussi importante que celle des propriétés des produits de départ. Les modes opératoires doivent tenir compte de cet aspect et notamment chercher à éviter au maximum les réactions secondaires dangereuses.

L'acquisition de ces connaissances se fait comme pour celle des produits chimiques et notamment en consultant des ouvrages spécialisés traitant des réactions chimiques (thermodynamique chimique, génie chimique) et des propriétés chimiques et des réactivités des substances.

6.2.3 Étude des équipements de travail

Les équipements de travail utilisés permettent de transposer concrètement, sur le plan pratique et productif, les modes opératoires définis. Il s'agit de l'ensemble comprenant les réacteurs, les mélangeurs, les canalisations pour le transport, les trémies de chargement et de déchargement, les filtres, les évaporateurs, les cristallisateurs, les vannes, les clapets, etc.

L'adaptation de ces équipements aux processus réactionnels et aux produits est indispensable sur le plan de la sécurité. La connaissance des caractéristiques de ces équipements est donc primordiale pour éviter tout risque lors de la mise en route et du fonctionnement de ces équipements.

Il faut également mettre l'accent sur la nécessité de prévoir des équipements de sécurité et de contrôle des paramètres réactionnels, ce qui suppose l'étude approfondie des différentes solutions proposées et le choix le mieux adapté de ces équipements.

La consultation d'ouvrages spécialisés de génie chimique, de chimie industrielle ainsi que les contacts avec les constructeurs d'équipements et d'appareillages permettent d'acquérir les connaissances nécessaires pour le choix judicieux et sécurisé des installations à mettre en place.

6.2.4 Signalisation des risques : étiquetage et fiches de sécurité

L'existence de risques chimiques est signalée, au niveau des produits manipulés, par l'étiquetage et les fiches de données de sécurité.

Le principe de l'étiquetage est assez ancien, mais les textes actuellement en vigueur et tous issus des directives européennes (donc applicables à l'ensemble des pays de la CE) sont postérieurs à 1990. Le principe des fiches de données de sécurité, comme celui de la déclaration des produits nouveaux aux organismes agréés, vient également des directives européennes.

■ Classification des substances et des préparations chimiques dangereuses

Article R. 231-51 du Code du travail. Ce point a déjà été développé au chapitre 2, § 2.2.

Les substances correspondent aux produits purs, constitués de molécules identiques alors que les préparations sont des mélanges plus ou moins complexes. On peut les grouper sous l'appellation produits chimiques.

Les substances et préparations dangereuses sont classées en 15 catégories en fonction de la nature du risque auxquelles sont associés des symboles ou pictogrammes au nombre de 6 (plus 1 pour l'environnement). Ces pictogrammes sont des figures en noir sur fond orangé, inscrites dans un carré, et qui figurent sur les étiquettes des produits dangereux.

Le tableau 6.1 donne la liste de ces 15 familles, les pictogrammes correspondant et quelques exemples de produits courants.

■ Déclaration des substances et préparations nouvelles

D'après les articles R. 231-52 à R. 231-52-18 du Code du travail, tout fabricant ou vendeur ou importateur de produits chimiques est tenu de déclarer à des organismes agréés par le ministre du Travail et le ministre de l'Agriculture, la mise sur le marché de tout produit nouveau ou ancien. Cette déclaration est accompagnée d'un certain nombre d'informations relatives à l'identification, la nature chimique et la composition, les propriétés chimiques, les risques et les mesures de précaution à prendre.

Ces produits doivent être emballés et étiquetés conformément aux textes réglementaires.

Tableau 6.1 – Classification des produits dangereux en 15 catégories et 10 symboles.

Catégories de substances et préparations dangereuses	Pictogrammes	Exemples
Explosibles E		Trinitrotoluène Nitroglycérine Oxyde d'éthylène
Combustibles O		Peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) Chlorate de sodium Peroxydes, persels, peracides
Extrêmement inflammables F+		Éther éthylique Diméthyl éthyle amine
Facilement inflammables F		Acétone Toluène Cyclohexane
Inflammables R ₁₀		Solvants naphta Essence F
Très toxiques T+		Acide fluoridrique Trioxyde de chrome (anhydride chromique)
Toxiques T		Benzène Cadmium
Nocives Xn		Toluène Essences A

Catégories de substances et préparations dangereuses	Pictogrammes	Exemples
Corrosives C		Décapants acides Soude caustique et acides
Irritants Xi		Butanone Anhydride phtalique
Sensibilisants R42-R43		Glutaraldéhyde
Cancérogènes CARC		Amiante Chlorure de vinyle
Mutagènes MUT		Acrylamide Chromates et dichromates
Toxiques vis-à-vis de la reproduction REPR		Plomb (composés du) Éthers d'éthylène-glycol
Dangereuses pour l'environnement N ou R52-R53-R59		Ammoniac et solutions Trichloréthylène

Plusieurs substances qui entrent dans la composition de médicaments, des produits vétérinaires, des aliments pour animaux, des produits antiparasitaires, des déchets et des produits agricoles, ainsi que les produits destinés à la recherche en laboratoires ne sont pas à déclarer.

La circulaire n° 94/11 du 25 juillet 1994 et son annexe (note technique) donnent toutes les précisions relatives à la déclaration des produits chimiques. Avant toute mise sur le marché, le déclarant (fabricant ou importateur) dépose auprès de l'organisme agréé un dossier comprenant :

- des informations techniques sur le produit déclaré : nature, propriétés physiques et chimiques, modes d'obtention, précautions à prendre et mesures d'urgence, propriétés toxicologiques et écotoxiques ;
- des informations sur l'identité du déclarant ;
- des informations sur les risques présentés par les produits ;
- une fiche de données de sécurité ;
- l'étiquetage proposé ;
- des informations sur le fabricant si le produit est importé ;
- d'autres renseignements si nécessaire suivant les cas.

L'organisme agréé a 60 jours pour accepter le dossier et donner un numéro officiel à la déclaration ; passé ce délai, le dossier est considéré comme accepté. En cas de non-acceptation, l'organisme doit demander au déclarant de rectifier ou de compléter les informations du dossier.

Après acceptation du dossier, le produit peut être mis sur le marché après quinze jours.

Actuellement les différents organismes agréés par le ministère du Travail sont l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité) pour les substances nouvelles, et l'ORFILA pour les produits dangereux et les produits déjà commercialisés.

■ Fiches de données de sécurité

D'après les articles R. 231-53 et R. 231-53-1 du Code du travail, les fabricants, importateurs et vendeurs sont tenus à remettre aux utilisateurs (chefs d'entreprise et travailleurs indépendants) des fiches de données de sécurité qui seront transmises au médecin du travail de l'entreprise.

Ces fiches comportent un certain nombre de renseignements et d'indications, notamment des données précises sur les risques présentés par les produits dans différentes conditions d'emploi, les mesures de précaution et de prévention à mettre en place, la lutte contre l'incendie, les premiers secours en cas d'accident, l'écotoxicité, des précisions relatives au transport, au stockage et aux déchets.

Ces fiches, appelées communément fiches de sécurité, seront conservées par l'entreprise et mises à la disposition des différents organismes de contrôle ou de conseil.

L'arrêté du 5 janvier 1993 (modifié en 1997) et son annexe donnent des renseignements pratiques nécessaires pour l'élaboration, par l'entreprise, des fiches de données de sécurité.

Les informations qui figurent sur ces fiches de sécurité, sont groupées en 16 rubriques.

1. Identification du produit chimique (appellation commerciale, n° de la déclaration, classification, nature de l'emballage) et l'identification de la personne physique ou morale responsable de sa mise sur le marché.
2. Informations sur les composants (composition du produit en soulignant notamment la présence des produits dangereux et leurs caractéristiques).
3. Identification des dangers (pour les travailleurs et l'environnement).
4. Description des premiers secours apportés en cas d'urgence (à la suite d'un accident ou d'un incident).
5. Mesures de lutte contre l'incendie (règles de lutte, extincteurs, formation de gaz toxiques).
6. Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle (fuites, projections, émissions de gaz et de vapeurs, protection de l'environnement, nettoyage des lieux après l'accident).
7. Précautions de stockage, d'emploi et de manipulation.
8. Procédures de contrôle de l'exposition des travailleurs et caractéristiques des équipements de protection individuelle (procédure de surveillance, protection individuelle).
9. Propriétés physico-chimiques (aspect, odeur, pH, densité, solubilité, etc.).
10. Stabilité du produit et réactivité (réactions à chaud, avec l'eau, etc.).
11. Informations toxicologiques (effets dangereux sur la santé et les symptômes éventuels, effets immédiats ou chroniques).
12. Informations écotoxicologiques (dégradabilité, bioaccumulation, effets sur la faune et la flore).
13. Informations sur les possibilités d'élimination des déchets (incinération, recyclage, mise en décharge).
14. Informations relatives au transport.
15. Informations réglementaires.
16. Autres informations.

La fiche de données de sécurité doit être datée et être rédigée en français. Le tableau 6.2 donne le contenu d'une fiche de données de sécurité.

Tableau 6.2 – Contenu d'une fiche de données de sécurité.

<p>1 – Identification du produit chimique et de la personne physique ou morale responsable de sa mise sur le marché</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nom du produit (identique à celui figurant sur l'étiquette) • Code produit du fournisseur • Nom du fournisseur • Adresse • Téléphone (télécopie, télex) • Numéro d'appel d'urgence <p>2 – Information sur les composants</p> <p>Substance ou préparation ?</p> <p><i>Pour les substances :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nom chimique • Synonymes • N° C.A.S. • Composants (impureté, additif) dangereux <p><i>Pour les préparations :</i></p> <p>Composants ou impuretés dangereux (nom chimique des substances, concentration ou gamme de concentration, symbole(s) et phrase(s) de risque), sans indication complète de la composition</p> <p>3 – Identification des dangers</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principaux dangers du produit (effets néfastes sur la santé, sur l'environnement, dangers physiques et chimiques, risques spécifiques) et classification de danger correspondante • Principaux symptômes liés à l'utilisation ou au mauvais usage <p>4 – Description des premiers secours à porter en cas d'urgence</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesures de premier secours et actions à éviter (si approprié), selon les voies d'exposition • Symptômes les plus importants • Conseils de protection des sauveteurs • Instructions pour le médecin 	<p>5 – Mesures de luttes contre l'incendie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moyens d'extinction appropriés et déconseillés • Dangers liés aux produits résultant de la combustion • Dangers spécifiques liés à la lutte contre l'incendie (méthodes d'intervention, protection des intervenants) <p>6 – Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Précautions individuelles • Précautions pour la protection de l'environnement • Méthodes de nettoyage (récupération, neutralisation, élimination, risques secondaires) <p>7 – Précautions de stockage, d'emploi et de manipulation</p> <p><i>Manipulation :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesures techniques de prévention de l'exposition des travailleurs (précautions pour les manipulations, ventilation, techniques visant à réduire la formation de poussières, matières incompatibles), et de prévention des incendies et des explosions <p><i>Stockage :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesures techniques de stockage recommandées et à éviter (matières incompatibles, matériaux d'emballage, conception des locaux de stockage, quantité limite de stockage, température, humidité, ventilation) <p>8 – Procédures de contrôle de l'exposition des travailleurs et caractéristiques des équipements de protection individuelle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mesures d'ordre technique permettant de réduire l'exposition : confinement, paramètres de contrôle (valeurs limites d'exposition, indicateurs biologiques), procédure de surveillance
--	---

- Type et nature précise d'équipement de protection individuelle lorsqu'il est nécessaire
- Mesure particulière d'hygiène ; informations pour le nettoyage et la décontamination

9 – Propriétés physico-chimiques

- État physique, aspect, forme, couleur, odeur
- pH, indication de concentration
- Températures spécifiques de changement d'état (fusion, ébullition, décomposition...)
- Caractéristiques d'inflammation, d'explosibilité et de propriétés comburantes
- Densité, pression de vapeur
- Solubilité
- Toute autre donnée pertinente en relation avec la sécurité pour l'utilisation du produit

10 – Stabilité du produit et réactivité

- Stabilité, réactions dangereuses, produits de décomposition
- Conditions d'utilisation dangereuses (connues ou prévisibles)

11 – Informations toxicologiques

- Effets néfastes sur la santé (toxicité aiguë, effets locaux, sensibilisation, toxicité chronique, toxicité à long terme, cancérogénèse, mutagénèse, toxicité pour la reproduction), en fonction des différentes voies d'exposition

12 – Informations écotoxicologiques

- Effets connus ou probables sur l'environnement (mobilité, dégradabilité, bioaccumulation)
- Écotoxicité (eau, sol, air)

13 – Informations sur les possibilités d'élimination des déchets

- Méthodes recommandées pour éliminer le produit sans danger
- Élimination des emballages contaminés

14 – Informations relatives au transport

- Précautions spécifiques au transport
- Codification et classement dans les réglementations internationales relatives au transport, selon les modes de transport

15 – Informations réglementaires

- Informations de danger, telles qu'elles sont mentionnées sur l'étiquette (phrases de risque et conseils de prudence)
- Informations sur les réglementations spécifiques communautaires et françaises (limitation de mise sur le marché ou d'emploi, tableau de maladie professionnelle, valeur limite réglementaire ou indicative, etc.)

16 – Autres informations

- Toute information complémentaire importante du point de vue de la sécurité
- Utilisations recommandées et restrictions
- Références bibliographiques
- Date d'émission de la fiche

■ Étiquetage des emballages et récipients

Si les fiches de données de sécurité fournissent aux chefs d'entreprises, aux médecins du travail et à la maîtrise des renseignements intéressants, nécessaires pour mettre en place des mesures de prévention contre les risques chimiques, l'étiquette, directement apposée sur l'emballage, donne à l'utilisa-

teur les quelques informations de base indispensables pour attirer son attention sur les dangers et les précautions à prendre lors de la manipulation des produits dangereux. Ces deux formes d'information sont complémentaires et s'adressent en principe à des personnes différentes.

L'étiquette est la forme de signalisation la plus ancienne ; la première date de la législation des substances vénéneuses, élaborée par le Code de la santé publique qui préconisait l'emploi d'étiquettes collées sur les récipients contenant les produits dangereux, de couleurs rouge, jaune et verte.

La législation actuelle du travail a quelque peu modifié cette situation et les nouveaux textes sont tous conformes aux directives européennes. Par conséquent, le système d'étiquetage est le même pour l'essentiel des produits chimiques dangereux fabriqués dans les pays de la Communauté européenne, sauf pour la langue utilisée. Par contre, pour les produits fabriqués par les pays hors de la Communauté européenne, comme les États-Unis, le Japon, la Russie, l'étiquetage n'est pas toujours conforme aux textes français et européens, ce qui pose un certain nombre de problèmes à l'heure actuelle.

Le principe de l'étiquetage est affirmé par l'article L. 231-6 du Code du travail ; les conditions et les caractéristiques de l'étiquetage sont réglementées par différents arrêtés. Il n'existe pas d'articles R et D.

Deux arrêtés de base exposent l'essentiel des conditions d'emballage et d'étiquetage des produits chimiques dangereux :

- l'arrêté du 20 avril 1994 (modifié par l'arrêté du 7 janvier 1997) avec ses 9 annexes concerne l'étiquetage des substances chimiques dangereuses ;
- l'arrêté du 21 février 1990 (modifié par les arrêtés du 17 janvier 1992, 25 novembre 1993 et 5 mai 1995) concerne les préparations dangereuses, c'est-à-dire les mélanges de substances.

L'article L. 231-6 du Code du travail précise que « les vendeurs ou distributeurs de substance ou de préparations dangereuses, ainsi que les chefs des établissements où il en est fait usage, sont tenus d'apposer sur tout récipient, sac ou enveloppe contenant ces substances ou préparations, une étiquette ou une inscription indiquant le nom et l'origine de ces substances ou préparations et les dangers que présente leur emploi ».

Étiquetage des substances chimiques dangereuses

L'arrêté du 20 avril 1994 avec ses 9 annexes détermine les conditions d'emballage et d'étiquetage des substances chimiques dangereuses.

L'emballage contenant la substance doit être mécaniquement résistant et suffisamment étanche pour empêcher toute déperdition par fuite de

produits, même en cas d'ouvertures et de fermetures multiples ; il ne doit pas être attaqué par les contenants (par exemple ne pas mettre de l'acide fluorhydrique dans les emballages en verre).

Tout emballage contenant une substance dangereuse doit comporter une étiquette (ou éventuellement une inscription pour des emballages de petites dimensions), très apparente et très lisible, fixée solidement sur son support (généralement collée) et à des formats en rapport avec les dimensions de l'emballage.

L'étiquette ou l'inscription doit comporter :

- le nom de la substance tel qu'il est défini sur la liste de l'annexe I ;
- le nom, l'adresse et le numéro de téléphone du fabricant, du distributeur ou de l'importateur ;
- le ou les symboles (pictogrammes) avec des indications de danger, conformes à l'annexe II, imprimés en noir sur fond carré, rouge orangé ;
- les phrases types R (nature des risques) et S (conseils de prudence et de sécurité) ;
- le numéro d'identification ou numéro index CE à neuf chiffres (annexe I).

L'ensemble est rédigé en langue française.

Toutes les substances et préparations qui figurent sur la liste de l'annexe I de l'arrêté du 20 avril 1994 modifié doivent être étiquetées conformément aux conditions imposées.

Un produit qui ne se trouve pas sur cette liste n'est pas forcément inoffensif ; il existe encore de nombreux produits, substances ou préparations nouvelles comportant des produits dangereux qui n'y figurent pas soit parce qu'ils sont nouveaux, soit parce que leurs caractéristiques toxicologiques exactes ne sont pas encore connues. Dans ce cas, il appartient au fabricant ou au distributeur de faire le nécessaire au moment de la déclaration du produit aux organismes agréés.

Étant donné que les informations portées par l'étiquette doivent être constamment connues des utilisateurs directs, des étiquettes ou inscriptions doivent être apposées également sur les emballages divisionnaires (produits reçus en grandes quantités et transvasés dans des récipients plus petits et maniables pour l'utilisation journalière ou hebdomadaire). La même obligation existe si le fabricant ou le fournisseur n'a pas étiqueté l'emballage du produit ; une substance ou une préparation dangereuse importée de l'étranger, voire même des pays de la Communauté européenne, non ou différemment étiquetées, doit porter une étiquette conforme à la réglementation. Dans ces deux cas, il incombe au chef de l'entreprise utilisatrice de pallier cette carence et d'étiqueter tous les emballages contenant les produits chimiques dangereux utilisés.

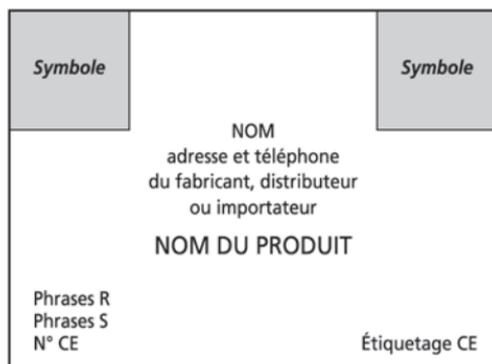


Figure 6.1 – Étiquette pour substances dangereuses.

Tous ceux qui sont intéressés par l'étiquetage peuvent consulter l'ouvrage *Hygiène et sécurité* de J. Pluyette, ainsi que les notes documentaires n° 1915, n° 1946, n° 1961 et n° 1988 de l'INRS.

Les 9 annexes qui accompagnent l'arrêté du 20 avril 1994 concernent la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des produits chimiques dangereux.

- L'annexe I donne la liste alphabétique des substances et préparations dangereuses, avec leur numéro d'identification ou numéro-index CE (n° Id qui doit figurer sur l'étiquette) et le numéro d'adaptation aux progrès techniques ATP.
- L'annexe II donne les 10 symboles (pictogrammes) et les indicateurs de danger qui doivent figurer sur l'étiquette. Cinq de ces symboles concernent le risque d'intoxication, quatre le risque d'incendie-explosion et un les risques environnementaux (figure 6.2).
- L'annexe III donne les phrases R et les combinaisons de phrases R figurant sur l'étiquette ; ces phrases courtes signalent la nature du ou des risques présentés par le produit (tableau 6.3).
- L'annexe IV donne les phrases S et les combinaisons de phrases S qui figurent sur l'étiquette ; elles sont courtes et proposent des conseils de prudence pour la manipulation du produit dangereux ; elles ne sont pas de véritables mesures de prévention (tableau 6.4).
- L'annexe V concerne les méthodes de détermination des propriétés physico-chimiques et toxicologiques du produit. Cette annexe n'est pas encore publiée en France.

- L'annexe VI concerne les critères de classification, le choix des symboles et les phrases R et S qui doivent figurer sur l'étiquette, en fonction de la classification en 15 catégories des substances et préparations dangereuses.
- L'annexe VII donne des précisions sur la déclaration, avant la mise sur le marché, de nouvelles substances chimiques.
- L'annexe VIII étudie les situations de déclaration pour lesquelles il n'est pas possible, techniquement ou scientifiquement, de fournir des informations en vue de la déclaration de produits nouveaux.
- L'annexe IX concerne les fermetures de protection renforcée des emballages susceptibles d'être manipulés par les enfants.

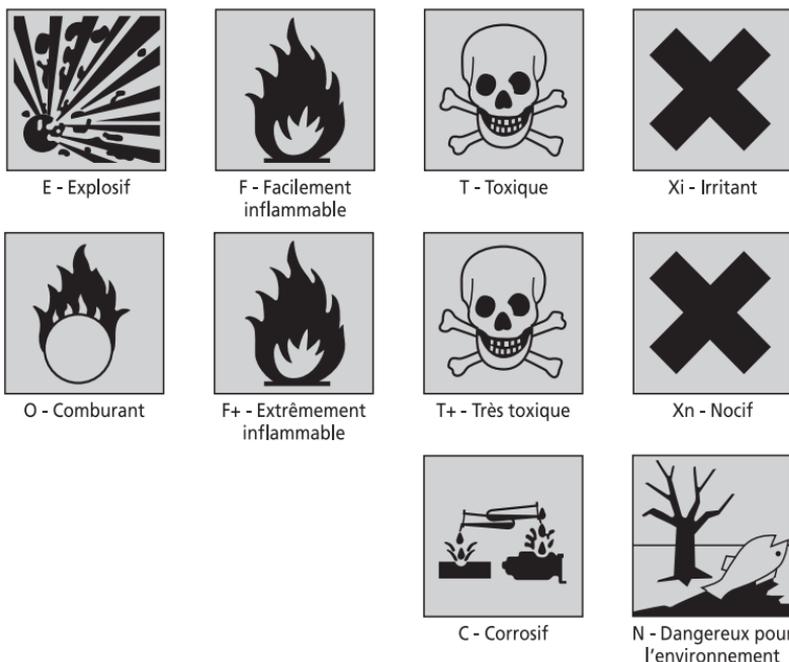


Figure 6.2 – Symboles (pictogrammes) avec indications de danger figurant sur les étiquettes. Chaque étiquette comporte un ou deux symboles avec ses indications de danger.

Tableau 6.3 – Phrases R (descriptions du risque) figurant sur les étiquettes.

R 1	Explosif à l'état sec.
R 2	Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.
R 3	Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition.
R 4	Forme des composés métalliques explosifs très sensibles.
R 5	Danger d'explosion sous l'action de la chaleur.
R 6	Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air.
R 7	Peut provoquer un incendie.
R 8	Favorise l'inflammation des matières combustibles.
R 9	Peut exploser en mélange avec des matières combustibles.
R 10	Inflammable.
R 11	Facilement inflammable.
R 12	Extrêmement inflammable.
R 14	Réagit violemment au contact de l'eau.
R 15	Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables.
R 16	Peut exploser en mélange avec des substances comburantes.
R 17	Spontanément inflammable à l'air.
R 18	Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif.
R 19	Peut former des peroxydes explosifs.
R 20	Nocif par inhalation.
R 21	Nocif par contact avec la peau.
R 22	Nocif en cas d'ingestion.

R 23	Toxique par inhalation.
R 24	Toxique par contact avec la peau.
R 25	Toxique en cas d'ingestion.
R 26	Très toxique par inhalation.
R 27	Très toxique par contact avec la peau.
R 28	Très toxique en cas d'ingestion.
R 29	Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques.
R 30	Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation.
R 31	Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
R 32	Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.
R 33	Danger d'effets cumulatifs.
R 34	Provoque des brûlures.
R 35	Provoque de graves brûlures.
R 36	Irritant pour les yeux.
R 37	Irritant pour les voies respiratoires.
R 38	Irritant pour la peau.
R 39	Danger d'effets irréversibles très graves.
R 40	Possibilité d'effets irréversibles.
R 41	Risque de lésions oculaires graves.
R 42	Peut entraîner une sensibilisation par inhalation.
R 43	Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau.
R 44	Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée.
R 45	Peut causer le cancer.

R 46	Peut causer des altérations génétiques héréditaires.
R 48	Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée.
R 49	Peut causer le cancer par inhalation.
R 50	Très toxique pour les organismes aquatiques.
R 51	Toxique pour les organismes aquatiques.
R 52	Nocif pour les organismes aquatiques.
R 53	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.
R 54	Toxique pour la flore.
R 55	Toxique pour la faune.
R 56	Toxique pour les organismes du sol.
R 57	Toxique pour les abeilles.
R 58	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement.
R 59	Dangereux pour la couche d'ozone.
R 60	Peut altérer la fertilité.
R 61	Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
R 62	Risque possible d'altération de la fertilité.
R 63	Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant.
R 64	Risque possible pour les bébés nourris au lait maternel.
R 65	Nocif. Peut provoquer des atteintes des poumons en cas d'ingestion.

Tableau 6.4 – Phrases S (conseils de prudence) figurant sur les étiquettes.

S 1	Conserver sous clé.
S 2	Conserver hors de la portée des enfants.
S 3	Conserver dans un endroit frais.
S 4	Conserver à l'écart de tout local d'habitation.
S 5	Conserver sous... (liquide approprié à spécifier par le fabricant).
S 6	Conserver sous... (gaz inerte à spécifier par le fabricant).
S 7	Conserver le récipient bien fermé.
S 8	Conserver le récipient à l'abri de l'humidité.
S 9	Conserver le récipient dans un endroit bien ventilé.
S 12	Ne pas fermer hermétiquement le récipient.
S 13	Conserver à l'écart des aliments et boissons, y compris ceux pour animaux.
S 14	Conserver à l'écart des... (matière(s) incompatible(s) à indiquer par le fabricant).
S 15	Conserver à l'écart de la chaleur.
S 16	Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles. Ne pas fumer.
S 17	Tenir à l'écart des matières combustibles.
S 18	Manipuler et ouvrir le récipient avec prudence.
S 20	Ne pas manger et ne pas boire pendant l'utilisation.
S 21	Ne pas fumer pendant l'utilisation.
S 22	Ne pas respirer les poussières.
S 23	Ne pas respirer les gaz/vapeurs/fumées aérosols (terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant).
S 24	Éviter le contact avec la peau.

S 25	Éviter le contact avec les yeux.
S 26	En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.
S 27	Enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé.
S 28	Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec... (produits appropriés à indiquer par le fabricant).
S 29	Ne pas jeter les résidus à l'égout.
S 30	Ne jamais verser de l'eau dans ce produit.
S 33	Éviter l'accumulation de charges électrostatiques.
S 35	Ne se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes précautions d'usage.
S 36	Porter un vêtement de protection approprié.
S 37	Porter des gants appropriés.
S 38	En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié.
S 39	Porter un appareil de protection des yeux/du visage.
S 40	Pour nettoyer le sol ou les objets souillés par ce produit, utiliser... (à préciser par le fabricant).
S 41	En cas d'incendie et/ou d'explosion ne pas respirer les fumées.
S 42	Pendant les fumigations/pulvérisations, porter un appareil respiratoire approprié (terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant).
S 43	En cas d'incendie utiliser... (moyens d'extinction à préciser par le fabricant. Si l'eau augmente les risques, ajouter « Ne jamais utiliser d'eau »).
S 45	En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette).
S 46	En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.

S 47	Conserver à une température ne dépassant pas ... °C (à préciser par le fabricant).
S 48	Maintenir humide avec... (moyen approprié à préciser par le fabricant).
S 49	Conserver uniquement dans le récipient d'origine.
S 50	Ne pas mélanger avec... (à spécifier par le fabricant).
S 51	Utiliser seulement dans les zones bien ventilées.
S 52	Ne pas utiliser sur de grandes surfaces dans les locaux habités.
S 53	Éviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation.
S 56	Éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux.
S 57	Utiliser un récipient approprié pour éviter toute contamination du milieu ambiant.
S 59	Consulter le fabricant ou le fournisseur pour des informations relatives à la récupération ou au recyclage.
S 60	Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux.
S 61	Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité.
S 62	En cas d'ingestion ne pas faire vomir : consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette.

Étiquetage des préparations dangereuses

L'arrêté du 21 février 1990 modifié est l'équivalent de l'arrêté du 20 avril 1994 pour les préparations dangereuses, et traite des principes et modalités de classification, de description des emballages et de l'étiquetage.

L'essentiel des prescriptions de l'arrêté du 20 avril 1994, reste valable pour les préparations dangereuses, ainsi que les annexes dont essentiellement la liste, les symboles et les phrases R et S.

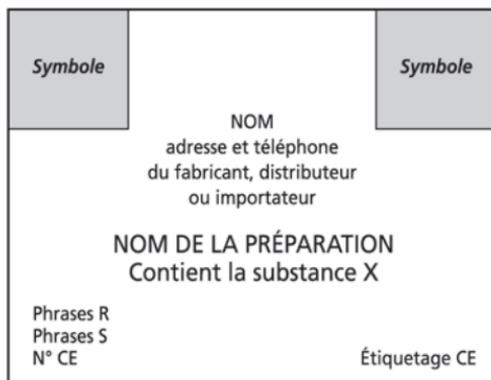


Figure 6.3 – Étiquette pour préparations dangereuses.

Compte tenu du fait que ces préparations sont des mélanges de deux ou plusieurs substances dangereuses, dont les propriétés toxicologiques se retrouvent plus ou moins dans ces mélanges et que les concentrations de chacun des composants prennent une grande importance sur la dangerosité, le Titre III de cet arrêté, propose une méthode de détermination par le calcul, des propriétés toxicologiques et d'incendie-explosion entraînant le choix des symboles et des phrases R et S. Les formules de calcul proposées tiennent compte des concentrations en pourcentage en poids et des limites exprimées en pourcentage en poids des substances entant dans la composition de ces préparations.

Le Titre V de cet arrêté décrit l'étiquette à apposer sur l'emballage.

Les figures 6.4 et 6.5 montrent chacune deux étiquettes à titre d'exemple, l'une concernant des substances dangereuses et l'autre des préparations dangereuses.

L'étiquette est la première source d'information sur les risques présentés par les produits ; elle est complétée par les fiches de sécurité qui ne sont pas forcément disponibles aux postes de travail.

	<p>SOCIETE A Adresse Téléphone</p>		<p>SOCIETE B Adresse Téléphone</p>
<p>F - facilement inflammable</p> <p>ACETATE D'ISOBUTYL</p> <p>R11 Facilement inflammable. S16 Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles. Ne pas fumer. S23 Ne pas respirer les vapeurs. S29 Ne pas jeter les résidus à l'égout. S33 Eviter l'accumulation de charges électrostatiques. 203-745-1 Etiquetage CE.</p>	<p>T - Toxique</p> <p>MONOXYDE DE PLOMB (*)</p> <p>R61 Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant. R62 Risque possible d'altération de la fertilité. R20/22 Egalement nocif par inhalation et par ingestion. R33 Danger d'effets cumulatifs. S53 Eviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation. S45 En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette) 215-267-0 Etiquetage CE.</p>		

Figure 6.4 – Deux exemples d'étiquettes d'une substance dangereuse.

	<p>SOCIETE C Adresse Téléphone</p>		<p>SOCIETE D Adresse Téléphone</p>
<p>Xn - Nocif</p> <p>NAPHTA HYDROTRAITÉ à point d'ébullition bas (*)</p> <p>R10 Inflammable. R65 Nocif : peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion. S23 Ne pas respirer les vapeurs. S24 Eviter le contact avec la peau. S62 En cas d'ingestion, ne pas faire vomir : consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette. 265-150-3 Etiquetage CE.</p>		<p>C - Corrosif</p> <p>HYPOCHLORITE DE SODIUM solution... (>% Cl actif)</p> <p>R31 Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique. R34 Provoque des brûlures. S28 Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec de l'eau. S45 En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin (si possible lui monter).S62 En cas d'ingestion, ne pas faire vomir : consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette) S50 Ne pas mélanger avec des produits acides... 231-668-3 Etiquetage CE.</p>	

Figure 6.5 – Deux exemples d'étiquettes d'une préparation dangereuse (mélange de substances).

6.3 Acquisition des connaissances en cours de fonctionnement

L'insuffisance des connaissances acquises peut être corrigée et complétée par une nouvelle approche bibliographique et expérimentale et permettre ainsi de rectifier si nécessaire les réalisations.

Cette phase prend toute son importance dans les situations suivantes :

- insuffisances et erreurs constatées lors du fonctionnement normal des installations,
- dysfonctionnements constatés,
- modifications rendues nécessaires pour des raisons techniques ou économiques,
- nouveaux risques apparus ou constatés,
- tendance élevée à l'accidentalité.

Pour parfaire les connaissances des risques, on peut faire appel aux ressources suivantes.

6.3.1 Bibliographie et lecture

Comme précédemment, la consultation de nombreux ouvrages scientifiques et techniques de chimie, de thermodynamique chimique, de génie chimique et sur les risques chimiques est un bon moyen d'acquérir les connaissances nécessaires au bon fonctionnement des appareils et le déroulement des processus réactionnels.

La consultation des fiches techniques de sécurité et des étiquettes (voir § 6.2.4) est certainement d'une grande utilité, à condition d'être correctement réalisée, ce qui n'est malheureusement pas toujours le cas.

À cela s'ajoutent l'expérience professionnelle et les connaissances pratiques, toujours très utiles, ainsi que les connaissances acquises pendant les études supérieures ou techniques.

La consultation de nombreux périodiques scientifiques et techniques est également un apport utile et intéressant.

6.3.2 Observation des postes de travail

C'est une phase importante dans le processus de la détection du risque chimique, car elle est riche de renseignements exacts et conformes à la réalité.

La présence de vapeurs, fumées, poussières visibles à l'œil nu, la présence d'une atmosphère irritante et agressive ou tout simplement d'odeurs agréables ou désagréables, l'existence de fuites, vibrations, bruits insolites sont autant d'indices qui peuvent apporter des renseignements précieux sur les risques éventuels.

La collecte de tels renseignements est simple et ne nécessite aucun appareil ou matériel particulier. Elle peut se faire sur place, rapidement, à condition d'affiner les conclusions après informations complémentaires au moyen de documents, fiches de sécurité et discussions avec des personnes compétentes de l'entreprise.

6.3.3 Analyses qualitative et quantitative des produits chimiques

Au cas où l'étiquetage et les fiches de sécurité ne suffisent pas pour identifier le produit, donc le risque, il y a lieu alors de faire appel aux techniques analytiques diverses et variées, bien connues, qui permettent de connaître, avec certitude, la nature des produits dangereux éventuels.

Mais cette forme de détection a aussi ses propres limites et, dans certains cas (mélanges complexes, produits peu stables, etc.), les résultats peuvent n'être qu'approximatifs. De toute façon, avant d'effectuer le prélèvement des échantillons et les analyses proprement dites, il y a lieu de bien situer les postes de travail utilisant ces produits, les conditions opératoires et les quantités manipulées.

La détection par l'analyse physico-chimique se fait par trois étapes successives :

- le prélèvement de l'échantillon ;
- l'analyse de l'échantillon ;
- l'étude critique des résultats obtenus et les conclusions.

■ Prélèvement des échantillons

Cette phase très importante dans la procédure d'identification par l'analyse des produits chimiques doit répondre à un certain nombre de critères :

- l'échantillon doit être le plus représentatif possible du produit dangereux à l'origine de l'accident ou de la maladie. Il doit être l'image parfaite des produits mis en œuvre. Il sera prélevé dans les récipients en cours d'utilisation, et qui se trouvent en bon état apparent. Il y a lieu d'éviter les réci-

pients pleins ayant été stockés au soleil ou qui datent de plusieurs années ;

- les conditions des prélèvements (dates, heures, lieux, températures ambiantes, etc.) doivent être indiquées avec précision car elles peuvent revêtir une certaine importance en cas d'anomalies constatées dans les résultats analytiques ou en cas de contestations ;
- les postes de travail où ces produits sont manipulés doivent être précisés et décrits, ainsi que les modes d'utilisation, les quantités et les fréquences d'utilisation. Ce sont des renseignements complémentaires très utiles tant pour orienter la recherche des produits dangereux que pour tirer les conclusions analytiques ;
- les matériels et les récipients utilisés pour les prélèvements doivent être propres et inattaquables par les produits. Le matériel le plus indiqué est le récipient en verre, car il est relativement inerte (sauf pour les dérivés fluorés) et peut être nettoyé facilement ;
- les échantillons prélevés doivent être analysés le plus rapidement possible car, même conservés au frais et à l'obscurité de quelques jours à quelques semaines, ils peuvent s'altérer et se transformer chimiquement (réactions de décomposition, d'oxydation, d'hydrolyse, etc.).

Il y a lieu de distinguer les catégories de prélèvements suivantes.

Prélèvements d'échantillon du produit utilisé suspecté dangereux

Le prélèvement est effectué de préférence dans le récipient d'origine déjà entamé et estimé en bon état.

Les échantillons sont recueillis et conservés dans des récipients en verre et bien fermés en évitant l'emploi de récipients en matières plastiques (susceptibles d'être attaqués par certains produits comme les solvants) ou de feuilles de papier pour les produits solides.

Ces échantillons seront conservés au frais et à l'obscurité, le moins longtemps possible, avant l'analyse.

Prélèvements d'atmosphères polluées

La voie de pénétration dans l'organisme étant le plus souvent la voie respiratoire, les produits dangereux se retrouvent fréquemment dans l'air respiré, sous forme de gaz, vapeurs, poussières, fumées ou brouillards. L'analyse de l'air pollué susceptible d'être inhalé, conduisant à la détection de la nature des substances et de leurs quantités, est d'un grand intérêt.

Le principe de ces prélèvements consiste à capter un volume connu d'air pollué, puis à analyser les polluants par les différentes techniques :

- on fait le vide dans un récipient en verre de volume connu, puis on le remplit d'air pollué ;
- à l'aide d'une pompe volumétrique à débit connu, on fait passer l'air pollué dans un récipient en verre ;
- une technique plus récente consiste à faire circuler, à l'aide d'une pompe volumétrique, un volume d'air pollué connu dans un tube rempli d'un solide adsorbant (gel de silice, kieselguhr, résines) qui fixe le polluant. Il suffit ensuite de faire désorber le polluant au moyen d'un courant gazeux inerte et de recueillir les produits à analyser dans un milieu *ad hoc* ;
- pour les prélèvements d'aérosols (brouillards, poussières), on fait passer un volume connu d'air pollué à travers un microfiltre spécial qui retient les particules et vésicules qu'il faudra récupérer après, souvent par simple dissolution du filtre dans un solvant ; seuls les aérosols se trouvant en suspension dans le solvant sont récupérés.

Les prises d'air pollué seront effectuées à proximité des voies respiratoires des salariés ou dans la zone où se situe la tête, soit à peu près à 1,5-1,7 m du sol.

■ Techniques analytiques

Les échantillons gazeux, liquides ou solides, prélevés par les différentes méthodes exposées ci-dessus, seront analysés qualitativement et quantitativement suivant des techniques physico-chimiques dont certaines sont à la fois précises et fiables.

Les échantillons sont d'abord mis en solution par attaques acides ou basiques ou par fusion oxydante avant d'être analysés.

Les principales techniques mises en œuvre sont :

- l'analyse chimique classique, surtout pour les produits minéraux, susceptible de donner rapidement des informations intéressantes ;
- les techniques colorimétriques, également utilisées en analyse qualitative et même quantitative, pour une large gamme de produits minéraux et organiques ;
- les techniques chromatographiques, particulièrement bien adaptées pour la recherche de mélanges de produits organiques couramment utilisés dans l'industrie ;

– les techniques spectrographiques, à la fois très sensibles et précises, mais qui conviennent mal aux mélanges. Couplées à la chromatographie qui isole les substances, on peut obtenir des renseignements très précieux.

L'identification et le dosage des produits aux postes de travail, au moyen de tubes dont le contenu se colore en présence de certaines substances relèvent de la technique colorimétrique qui est, certes, rapide, mais pas toujours fiable, notamment en cas de mélanges de polluants. Cette méthode a l'avantage de permettre d'avoir une idée immédiate du risque existant sur place, mais ne permet pas de tirer des conclusions précises. Il en est de même pour les badges portés par les salariés pendant plusieurs heures et dont l'emploi se généralise car ils sont très simples d'utilisation et peu onéreux.

La chromatographie consiste à faire passer à chaud le produit gazeux ou liquide à travers un tube creux rempli d'une phase adsorbante (gel de silice, etc.) qui fixe les différents polluants. Ensuite, un gaz ou un liquide est injecté dans le tube et les différentes substances adsorbées sont entraînées plus ou moins rapidement ; à la sortie, un détecteur permet de mettre en évidence les substances séparées les unes des autres.

En jouant sur les différents paramètres : pression, température, phase adsorbante, gaz d'entraînement et détecteur, on arrive à identifier et doser un grand nombre de produits industriels au moyen de références car l'identification se fait par comparaison.

La chromatographie en phase gazeuse couplée avec un détecteur thermique convient bien pour identifier et doser les solvants ; couplée avec un détecteur ionique, elle est utilisée pour l'analyse d'acides et de substances alcalines comme les amines volatiles.

La chromatographie en phase liquide sous pression convient pour la recherche des substances peu volatiles.

La spectrophotométrie d'absorption atomique permet d'identifier et de doser avec une grande précision et certitude, de nombreux métaux, métalloïdes et leurs dérivés.

La spectrophotométrie d'absorption UV et IR, la spectrographie de masse sont couramment utilisées pour les produits organiques, ainsi que l'analyse par RMN.

La figure 6.6 montre le spectre infrarouge d'un mélange gazeux obtenu par pyrolyse sous azote d'un polyuréthane ; les différents composants gazeux apparaissent sous forme de pics et leurs positions permettent leur identification.

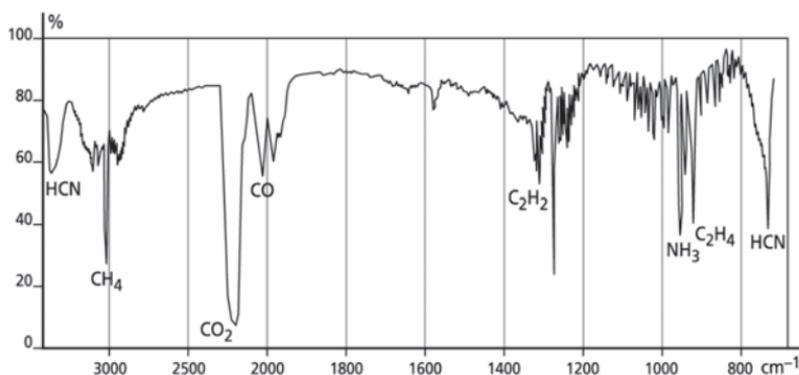


Figure 6.6 – Exemple d'un spectre infrarouge. Les différentes bandes du spectre IR correspondent aux principaux constituants de la phase gazeuse de pyrolyse dans l'azote d'une résine polyuréthane.

D'autres techniques plus spécifiques existent comme la spectrophotométrie de fluorescence qui convient parfaitement à la recherche des HPA (hydrocarbures polycycliques aromatiques), dont certains sont cancérigènes. Depuis quelques décennies, de nombreux appareils précis et fiables, simples à employer sont offerts sur le marché. Certains de ces appareils sont également portables et permettent des analyses rapides aux postes de travail mêmes.

6.4 Exploitation des informations recueillies

6.4.1 Synthèse des résultats et informations recueillies

Aucune des méthodes d'identification exposées ci-dessus ne permet de déterminer avec certitude et exactitude la nature et la gravité des produits chimiques manipulés.

Les produits industriels peuvent évoluer dans le temps, d'un lot à l'autre, avant même que les références et les fiches de données de sécurité, voire l'étiquetage, soient remis à jour. Le produit effectivement utilisé le jour des prélèvements peut être différent du lot d'où provient l'échantillon ou encore le jour des prélèvements d'atmosphères, le produit toxique recherché n'est

pas utilisé. Il en résulte des résultats analytiques qui ne correspondent pas à la réalité, quelles que soient la précision et la fiabilité des techniques employées. Il est très difficile de prélever des échantillons qui soient exactement représentatifs des produits utilisés, ce qui explique les incertitudes liées aux résultats analytiques.

C'est pour ces différentes raisons et d'autres encore que seule, une synthèse de l'ensemble des informations recueillies (sans oublier le bon sens habituel) est capable de donner une image exacte de la présence de produits chimiques dangereux.

La synthèse des connaissances acquises par la lecture et l'expérience, l'étude des postes de travail, les étiquettes et les fiches de sécurité et enfin les analyses qualitatives et quantitatives des échantillons prélevés avec soin, permettent de connaître, avec une quasi-certitude, la nature et la gravité du risque chimique.

6.4.2 Appréciation du risque chimique

Une fois la nature et les quantités des produits chimiques connues, il y a lieu de déterminer également la fréquence et la durée d'exposition afin de choisir la mesure de prévention la mieux adaptée au risque existant.

Quelles que soient la fréquence et la durée de manipulation, le danger existe et peut se traduire par un accident : intoxication ou incendie-explosion. Mais ces deux facteurs (fréquence et durée) interviennent surtout au niveau du choix de la technique de prévention à mettre en œuvre.

C'est donc à partir des quatre paramètres : nature des produits, quantité mise en œuvre, fréquence et durée de manipulation que l'on peut mettre en place la ou les mesures de prévention les mieux adaptées et les plus efficaces.

Ainsi un produit très toxique, utilisé fréquemment, mérite d'être remplacé par un produit pas ou peu nocif ce qui nécessite quelques études et recherches. Si ce même produit est utilisé épisodiquement et en petites quantités, quelques mesures de sécurité simples peuvent suffire.

De même, en fonction des durées et de la fréquence d'utilisation d'un produit moyennement toxique, une simple ventilation générale de l'atelier peut être mise en place au lieu d'une ventilation locale plus efficace pour des risques d'expositions importantes.

La détection du risque chimique permet donc le choix de la technique de prévention la mieux adaptée et la plus efficace à mettre en œuvre au poste de travail ou dans l'atelier, pour soustraire aux dangers les salariés exposés.

7 • LA PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

B

PRÉVENTION DU RISQUE CHIMIQUE

Si la quasi-totalité des activités humaines est créatrice de risque, il existe toujours une solution pour atténuer, voire supprimer les situations dangereuses et permettre à l'homme ou à la femme de travailler en toute sécurité. Pour chaque risque ou famille de risques, il existe une ou plusieurs mesures de prévention dont la mise en place aux postes de travail permet d'exercer son activité en toute sécurité.

Le risque zéro ne peut pas exister, la sécurité absolue reste un mythe. Mais le choix judicieux d'une technique ou d'un équipement efficace, leur entretien régulier ainsi que le respect des instructions et modes opératoires définis sont de nature à réduire considérablement la probabilité qu'une intoxication ou un incendie-explosion se produise et conduise à des dégâts corporels et matériels.

En ce qui concerne plus particulièrement les risques chimiques, les mesures de prévention sont bien connues et leur efficacité prouvée dès lors que les solutions proposées sont adaptées aux situations rencontrées.

Enfin, la prévention des risques chimiques n'est pas aussi onéreuse que l'on croit ; il suffit souvent de bien étudier le poste de travail à équiper et de choisir la solution la mieux adaptée. Les mesures de sécurité ont toujours un coût très inférieur à celui des accidents et des maladies.

7.1 Aspect réglementaire de la prévention

Les pouvoirs publics, conscients de l'importance des nuisances industrielles et leurs effets néfastes sur la population en général, ont mis en place toute

une législation et une organisation en matière de prévention des risques professionnels et environnementaux.

Le Code du travail reste le document de base le plus complet en matière de prévention des risques en général et des risques chimiques en particulier.

Différents autres codes (Sécurité sociale, environnement, civil) ainsi que d'autres textes plus spécifiques (transport de produit dangereux, industries pétrolières et pétrochimiques, produits explosifs et pyrotechniques, pesticides, etc.) viennent compléter les règles édictées par le ministre du Travail.

Les différentes règles de prévention sont conformes aux 9 principes généraux de prévention énoncés par l'article L. 230-2 du Code du travail (voir chapitre 2). Les entreprises sont tenues de mettre en place des mesures de prévention conformes à l'esprit de ces principes généraux qui s'appliquent à l'ensemble des risques professionnels, dont ceux dus à la manipulation de produits chimiques dangereux.

Cet aspect réglementaire a été longuement développé dans le chapitre 2 de l'ouvrage.

7.2 Règles de base de la prévention technique

Par prévention technique, il faut entendre l'ensemble des mesures qui doivent être mises en place, aux postes de travail ou dans les locaux de travail, pour atténuer voire supprimer les risques mis en évidence par les moyens de détection habituels.

La prévention technique correspond donc à la phase pratique et concrète se traduisant par des solutions fiables, adaptées aux réalités techniques et économiques des activités industrielles. Elle s'articule autour de deux familles de solutions :

- les mesures de prévention collective ;
- les mesures de protection individuelle.

La **prévention collective** propose des solutions susceptibles de protéger non seulement les opérateurs aux postes de travail, mais l'ensemble des personnes présentes dans les locaux, en intervenant au niveau du risque lui-même. C'est, de loin, la solution la plus efficace et la plus fiable et qui doit être retenue préférentiellement, quel qu'en soit son coût, car elle tend à supprimer la cause même du risque.

La prévention collective procède selon quatre axes différents :

- limiter l'emploi des produits dangereux. Cet axe de prévention répond partiellement au premier des principes généraux de prévention ;
- remplacer le produit dangereux par un autre peu ou pas dangereux, exprimé par le principe général (f) ;
- isoler et confiner la source de pollution en emprisonnant le produit dangereux dans un volume déterminé ; il correspond à peu de chose près aux principes (a) et (c) ;
- évacuer au fur et à mesure de sa production les produits dangereux formés. La ventilation est la forme la plus courante de cette voie, c'est l'illustration pratique des principes généraux (a) et (c).

Ces quatre types de prévention collective sont l'application pratique sur le terrain des neuf principes généraux de la prévention, énoncés par le Code du travail (voir chapitre 2, § 2.2.1).

La **protection individuelle** consiste à protéger chaque individu des risques auxquels ils sont exposés et ce, au moyen d'équipements appelés *équipements de protection individuelle* (EPI).

Chaque partie du corps est donc protégée au moyen d'un système ou d'un équipement adapté. Ainsi l'utilisation des gants protège les mains contre les agressions chimiques comme les brûlures.

Les équipements de protection individuelle ne protègent que les personnes qui les portent, d'où la nécessité de disposer un nombre correspondant au moins à celui des gens exposés. Ils ne suppriment ni la pollution, ni sa source ; les risques d'incendie-explosion persistent.

7.3 Prévention collective

La prévention collective se pratique suivant quatre types de mesures techniques efficaces en fonction des situations des postes de travail et des caractéristiques du risque.

7.3.1 Limitation des produits mis en œuvre

Limiter l'emploi de produits dangereux est la première mesure à laquelle il faut penser, voie prioritaire, souvent simple et économique, mais pas toujours possible compte tenu des impératifs de production et des équipements techniques.

Cette solution consiste essentiellement à réduire au strict nécessaire les quantités de produits dangereux manipulés, stockés ou transportés et à supprimer les surplus qui souvent s'éliminent sous forme de déchets et polluent les locaux de travail. Cette limitation des quantités de produits dangereux nécessite certes des études préalables, mais les solutions trouvées sont souvent intéressantes notamment sur le plan économique.

Un exemple typique est celui des ateliers de traitements de surface (galvano-plastie) qui utilisent de nombreux produits toxiques (cyanures, sels et cadmium, chromates, etc.). Une partie de ces produits est rejetée sous forme d'eaux usées, dans les cours d'eau, d'où une pollution importante conduisant à la taxation des entreprises polluantes. La réduction des concentrations en produits toxiques des bains de traitements de surface ainsi que la diminution des quantités d'eau consommées ont conduit à une baisse de la pollution, donc une diminution des taxes perçues par les agences de bassins fluviaux, en même temps qu'une réduction du risque d'intoxication.

Certains recyclages des déchets produits par les fabrications réduisent également les quantités de matières mises en œuvre.

7.3.2 Remplacement d'un produit dangereux par un autre peu ou pas dangereux

C'est certainement la mesure la plus efficace car elle supprime l'agent causal, donc le risque proprement dit. C'est la solution qui doit être préconisée en premier, en même temps que la limitation des quantités.

Cependant, cette solution se heurte à certaines difficultés apparentes et nécessite une étude approfondie des modes opératoires ainsi que des essais de mise au point, souvent longs.

En effet, remplacer un produit connu, même dangereux mais qui répond favorablement aux exigences techniques et économiques n'est pas toujours simple ; cette solution est souvent rejetée par crainte des difficultés techniques et financières qu'elle est susceptible d'engendrer. Mais l'expérience montre qu'il est presque toujours possible de trouver un produit moins dangereux satisfaisant aux exigences de la production. Une telle mesure, apporte non seulement la sécurité au travail, mais s'accompagne fréquemment d'améliorations sur la qualité et la productivité des produits commercialisés

De nombreux exemples industriels illustrent le bien-fondé de cette mesure :

- les solvants et diluants à base d'hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène, xylènes, essences, white-spirit) sont à la fois nocifs et inflamma-

- bles. Leur remplacement par certains solvants chlorés ininflammables et souvent moins dangereux, favorise l'hygiène et la sécurité des travailleurs ;
- dans les opérations de sablage, les fines poussières de silice cristallisée qui se dégagent sont à l'origine de la silicose, maladie pulmonaire extrêmement grave. Le remplacement du sable siliceux par du corindon supprime totalement le risque de silicose. Le grenailage remplace également le sablage ;
 - dans de nombreux domaines, le remplacement de produits à forte tension de vapeur (grande volatilité) par d'autres substances peu volatiles a supprimé le risque d'absorption de vapeurs nocives par voie respiratoire moyennant quelques précautions supplémentaires (port de gants notamment). Cette mesure atténuée voire supprime les risques d'intoxication et d'incendie-explosion ;
 - la grande toxicité des fibres d'amiante a conduit les pouvoirs publics à interdire leur utilisation et l'enlèvement des flocages et autres revêtements les contenant. Leur remplacement par des fibres de verre ou de roche réduit considérablement le risque d'intoxication, sans pour autant augmenter le coût. D'autres produits comme les fibres textiles synthétiques peuvent également remplacer l'amiante dans certaines applications ;
 - de nombreux pigments colorés étaient, il n'y a pas encore si longtemps, à base de chromate de plomb ou même de céruse, à l'origine de la maladie professionnelle n° 1, le saturnisme. L'interdiction de l'emploi de la céruse depuis plusieurs décennies, le remplacement de plomb par des pigments minéraux ou organiques exempts de plomb ont supprimé le risque de saturnisme pour les nouveaux produits ;
 - la suppression du catalyseur 4,4'-méthylène-bis-orthochloroaniline (MOCA), dans la fabrication des mousses polyuréthanes, a non seulement supprimé le risque d'intoxication lors de la manipulation de ce catalyseur suspecté d'être cancérigène, mais aussi le coût des fabrications.

De nombreux autres exemples relevant de ce principe de base montrent le bien-fondé de cette solution, souvent pas plus contraignante que les autres mesures de prévention.

7.3.3 Confinement de la source d'émission de produits dangereux

Au cas où la limitation des quantités et le remplacement des produits dangereux sont impossibles ou difficiles à réaliser sur le plan technique ou économique, cette solution de confinement et d'isolement du polluant s'avère

intéressante et efficace et peut être mise en place préférentiellement pour les produits les plus dangereux et notamment cancérigènes.

La source d'émission est enfermée dans une enceinte fermée étanche, empêchant ainsi toute diffusion de produits toxiques vers l'atelier. Si le principe reste simple, sa réalisation se heurte à certaines difficultés :

- l'enceinte doit être parfaitement étanche pour empêcher toute fuite de polluants à l'extérieur. Un appareillage bien conçu, correctement fabriqué, éprouvé et régulièrement entretenu (attention aux joints) répond à cette exigence. Une légère aspiration à l'intérieur de l'enceinte crée une petite dépression susceptible d'interdire toute fuite de polluant à l'extérieur. Le confinement est ainsi parfaitement assuré et la dispersion du polluant à l'extérieur de l'enceinte est quasiment nul ;
- l'étanchéité est plus difficile à assurer au cas où des manipulations (pesées, transvasements) de produits dangereux sont nécessaires dans l'enceinte : bien que seule, la source d'émission devrait être confinée, quelquefois, il s'avère nécessaire de capoter l'ensemble de l'appareillage de production, voire même le poste de travail en entier. D'où la nécessité de bien étudier l'ensemble des données avant d'opter pour la solution la mieux adaptée tant à la sécurité qu'à la production.

Le confinement de la source d'émission peut être obtenu :

- par le travail en vase clos, fréquent dans les industries chimiques, pétrochimiques, pharmaceutiques, dans la fabrication des résines et polymères, dans certaines activités de l'alimentation, etc. L'emploi à l'air libre de certains produits toxiques comme le benzène, le sulfure de carbone, le tétrachlorure de carbone, etc., est interdit. Par contre, ces produits sont couramment utilisés en quantités importantes dans des installations closes et étanches. Ainsi des installations de synthèses organiques utilisent le benzène en vase clos ;
- par les enceintes fermées type boîte à gants, de dimensions variables couramment utilisées pour les opérations de transvasement, de pesée et en général de manipulation de produits toxiques. Ces enceintes sont surtout indiquées pour la manipulation de produits toxiques pulvérulents ou émettant des vapeurs ou des fumées ;
- par les simples enceintes qui peuvent être assimilées à des boîtes fermées et qui sont adaptées aux opérations de longue durée dissolution de solides, nettoyage et dégraissage.

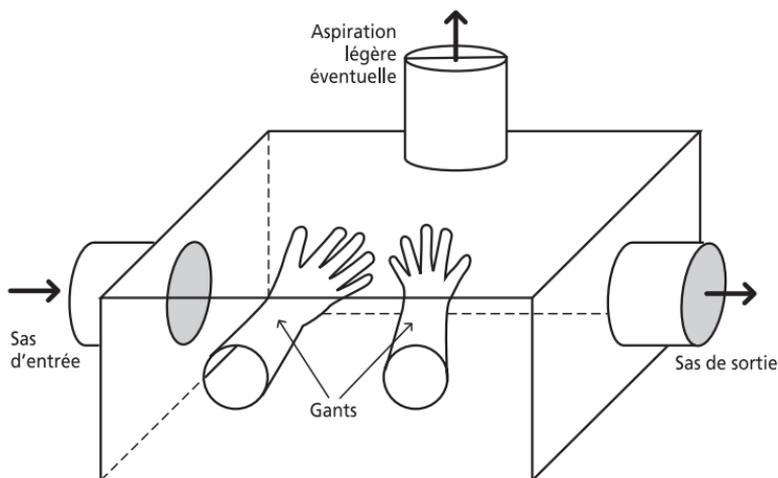


Figure 7.1 – Boîte à gants : schéma de principe.

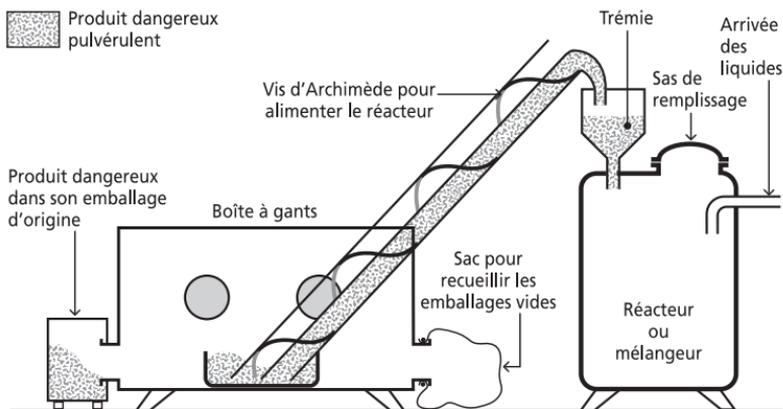


Figure 7.2 – Installation en vase clos avec boîte à gants.

C'est le cas de nombreuses cuves contenant des bains dégageant des vapeurs ou des gaz toxiques : bain de traitement de surface, bain de dégraissage aux solvants, cuves d'attaques par des acides, etc. Le simple fait de placer un couvercle adapté sur ces cuves suffit quelquefois pour empêcher la diffusion de polluants dans l'atmosphère du local.

Des poubelles contenant des chiffons et des papiers imprégnés de solvants libèrent des vapeurs nocives dans les ateliers. Il suffit simplement de les fermer par des couvercles pour réduire la pollution générale de l'atmosphère. Enfin, les sableuses où sont effectuées les opérations de sablage, relèvent de cette mesure toute simple.

7.3.4 Ventilation et évacuation des polluants

C'est certainement la mesure de prévention la plus couramment mise en œuvre, sans doute à tort car les solutions de prévention intrinsèque et intégrées (remplacement du produit, capotage de la source) sont prioritaires et plus économiques et ce, d'autant plus que la ventilation ne fait que déplacer le risque en transportant les polluants de la source d'émission vers une autre zone, généralement à l'extérieur. D'autre part, cette solution est relativement onéreuse tant au niveau de l'installation qu'à l'entretien.

Bien conçue, bien réalisée et correctement entretenue, une installation de captage est efficace et permet aux travailleurs de manipuler les produits dangereux sans trop de risques, surtout lorsqu'ils émettent des gaz, fumées et poussières en abondance.

Les différentes appellations : ventilation, aération, aspiration, captage, extraction sont équivalentes. Cette solution ne peut être utilisée qu'en cas de pollution des locaux par des gaz, vapeurs et aérosols.

On distingue deux types de ventilation :

- la ventilation générale,
- la ventilation locale,

et le choix doit être fait en fonction des caractéristiques du risque ainsi que de la configuration de l'espace de travail.

Dans les deux cas, il s'agit d'extraire, d'aspirer les polluants plus ou moins dilués avec l'air et de les rejeter à l'extérieur des locaux de travail.

L'extraction de l'air pollué doit être toujours mécanique forcée par l'emploi de ventilateurs. Il existe deux types de ventilateurs qui peuvent équiper les installations d'aspiration :

- les ventilateurs hélicoïdaux (figure 7.3). Les débits sont importants, mais les pressions sont faibles. Il s'agit essentiellement de ventilateurs muraux, à faible épaisseur et à grand diamètre et qui peuvent s'insérer dans les parois des locaux (murs, fenêtres, portes) ;
- les ventilateurs centrifuges (figure 7.4). Les débits sont nettement plus faibles que les précédents mais les pressions sont élevées. Ils sont conseillés pour des installations d'aspiration et d'aération comportant des canalisations et des bouches d'extraction.

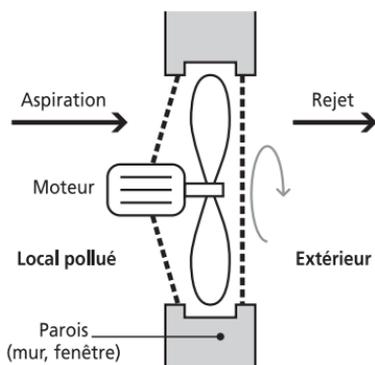


Figure 7.3 – Ventilateur hélicoïdal.

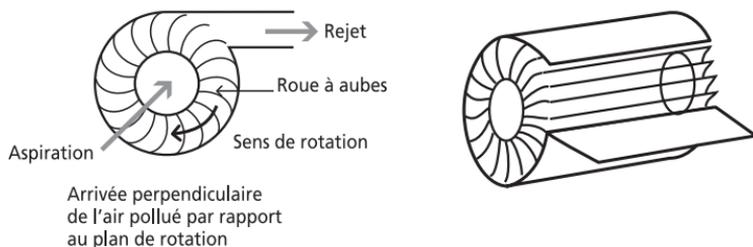


Figure 7.4 – Ventilateur centrifuge.

■ Ventilation générale

Appelée également ventilation par dilution, elle suppose une certaine dilution des polluants dans l'air du local, donc accepte un certain degré de pollution de l'air respiré, ce qui suppose la présence de substances peu dangereuses, qu'elles soient solides (poussières), liquides (brouillards) ou gazeuses (gaz, vapeurs). Ce type d'extraction est indiqué dans le cas de la présence de plusieurs sources faiblement polluantes.

La ventilation générale ne doit jamais être mise en place dans le cas de substances très dangereuses ou de substances peu dangereuses mais émises en quantités importantes.

Pour qu'elle soit efficace, la ventilation générale doit être conçue et réalisée de façon à ce que les voies respiratoires des travailleurs se trouvent toujours dans la veine d'air neuf afin qu'ils respirent en permanence un air pur ou très faiblement pollué. Ceci suppose une étude approfondie des dimensions et volume du local, de la disposition des différents postes de travail polluants, des emplacements et positions des opérateurs. Dans certains cas, il ne faut pas hésiter à déplacer certains postes pour assurer une ventilation générale efficace à moindre coût.

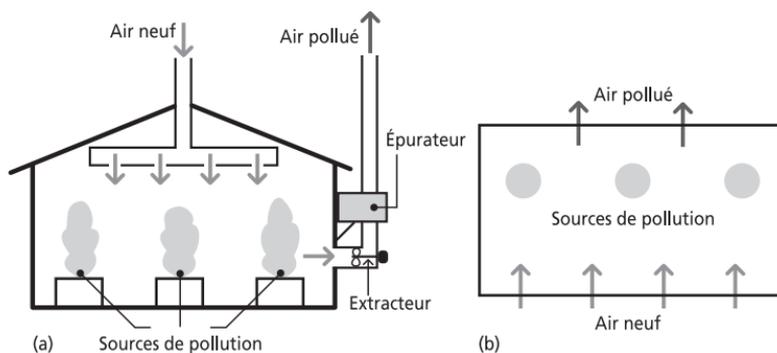


Figure 7.5 – Ventilation générale : (a) coupe verticale et (b) coupe horizontale.

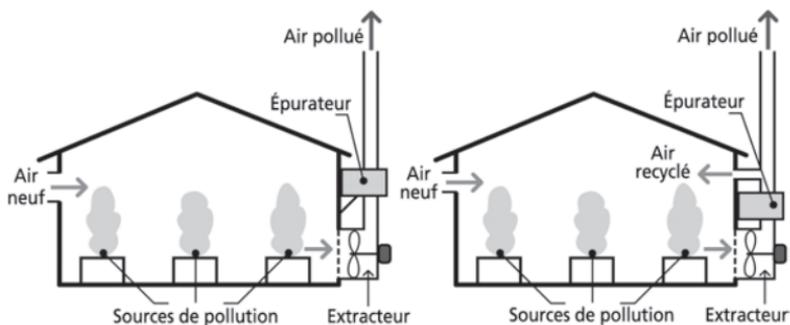


Figure 7.6 – Ventilation générale : (a) autre arrivée d'air neuf et (b) avec recyclage partiel.

La quasi-totalité des gaz, vapeurs et aérosols étant plus lourde que l'air (les densités varient de 1,1 à 3-4 pour les solvants chlorés), ils ont tendance à descendre et à s'accumuler en partie basse, près du sol. La présence éventuelle de courants de convection vers le haut et l'émission de polluants chauds contrarient l'effet de la densité ; il en résulte des choix relativement difficiles à faire pour obtenir le meilleur captage possible.

L'extraction, ou plus exactement la bouche d'extraction, doit se trouver à environ 1 à 1,5 m du sol (donc plus bas que les voies respiratoires des travailleurs), avec une arrivée d'air neuf non pollué, près du plafond. Ainsi la veine d'air neuf sera toujours descendante et les opérateurs respireront en permanence un air pur. Dans le cas de la présence de courants de convection importants ou d'émissions de polluants chauds, des études doivent être menées pour choisir l'emplacement optimal de l'extraction.

Les débits horaires d'extraction dépendent de la nature des polluants et des quantités émises, des dimensions du local. En moyenne, ce débit horaire total doit être 10 à 20 fois le volume du local. Ainsi, pour un atelier de 50 m² avec une hauteur de plafond de 4 m, donc un volume de 200 m³, une extraction avec un débit horaire de 20 000 à 30 000 m³/h devrait suffire pour une pollution moyenne. Pour des ateliers de grandes dimensions, de l'ordre de plusieurs milliers de mètres carrés, la ventilation générale devient complexe car il faudra installer plusieurs extracteurs à des emplacements variés, l'air neuf arrivant toujours par le haut.

L'arrivée de l'air neuf se fait par simple ouverture vers l'extérieur, au niveau de la toiture (avec éventuellement une petite cheminée de très faible

hauteur) ; il n'est pas nécessaire d'installer un ventilateur soufflant, car il est préférable d'avoir une légère dépression dans l'atelier, afin d'éviter la pollution des locaux adjacents ainsi que pour avoir des flux laminaires d'air, neuf ou pollué (les turbulences favorisent la dilution des polluants dans l'air).

Par contre, l'extraction doit être toujours mécanique forcée par l'emploi de ventilateurs électriques. S'il y a possibilité d'installer un ventilateur mural avec rejet direct à l'extérieur, le type hélicoïdal est conseillé. Si le local n'a ni fenêtres ni murs donnant vers l'extérieur, l'installation de captage nécessite des canalisations d'air pour lesquels le type centrifuge est mieux adapté.

La disposition des extracteurs et des arrivées d'air neuf se fera de façon à ce que les voies respiratoires des travailleurs soient situées toujours dans la veine d'air neuf et que le renouvellement de l'air soit uniformément réparti dans l'ensemble du local.

■ Ventilation locale

Appelée également aspiration ou captage à la source, elle est certainement la technique de ventilation la plus efficace et la plus sécurisante, et c'est cette solution qui est préconisée chaque fois qu'il y a émission de polluants dangereux.

Elle consiste à capter les polluants le plus près possible de la source d'émission, de façon à en aspirer un maximum rapidement, avant toute dilution éventuelle des produits dangereux dans l'air.

La ventilation locale, pour être efficace, doit répondre aux neuf conditions appelées principes de ventilations locales (INRS).

1. Envelopper au maximum la zone de production des polluants. La source sera placée dans une enceinte, cabine ou espace confiné, légèrement ouverts pour permettre l'accès des interventions et équipés d'un système d'extraction.
2. Placer le dispositif de captage au plus près de la zone d'émission des polluants. L'essentiel est d'imprimer aux molécules et particules une vitesse suffisante pour les attirer vers la bouche d'extraction et les capter. Or cette vitesse diminue très rapidement dès qu'on s'éloigne de la bouche, d'où la nécessité d'aspirer le plus près possible de la source.
3. Installer le système d'aspiration pour que l'opérateur ne soit pas placé entre celui-ci et la source de polluants. Il faut toujours privilégier la disposition : opérateur – source de pollution – bouche d'extraction, autrement dit la source de pollution doit se trouver en permanence entre l'opérateur et le système de captage.
4. Disposer les systèmes de captage en utilisant les mouvements naturels des polluants. On favorise ainsi le déplacement des molécules et particules vers la bouche d'extraction.

5. Capturer les polluants en induisant une vitesse d'air suffisante. Cette condition impose l'obtention de vitesses suffisantes au niveau des bouches d'extraction, soit de l'ordre de 10 à 15 m/s pour obtenir une certaine efficacité du captage.
6. Répartir uniformément les vitesses d'aspiration au niveau de la zone de captage des polluants. Cette condition permet d'éviter les turbulences susceptibles de favoriser la dilution des polluants dans l'air et de réduire ainsi l'efficacité du captage.
7. Compenser les sorties d'air par des entrées d'air correspondantes. En cas d'absence d'arrivée d'air neuf, l'aspiration se comporte comme un pompage et la dépression ainsi produite gêne l'extraction. Une très légère dépression dans le local est souhaitable, mais l'écart devrait rester très faible (quelques millimètres de mercure tout au plus).
8. Éviter les courants d'air et les sensations d'inconfort thermique. Cette condition, à caractère ergonomique, permet non seulement de travailler dans de bonnes conditions mais aussi d'éviter les turbulences et les grandes chaleurs qui augmentent la pollution dans l'air.
9. Rejeter l'air pollué en dehors des zones d'entrée d'air neuf. L'air neuf doit être le plus pur possible ; il ne s'agit pas de recycler l'air du local si celui-ci est rejeté à proximité de l'air qui entre.

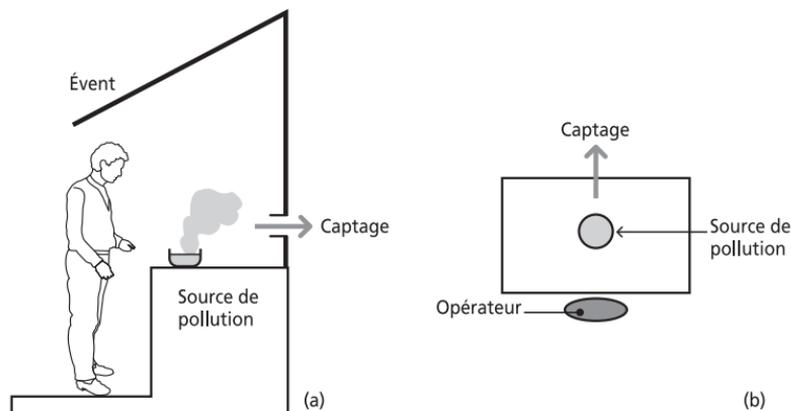


Figure 7.7 – Ventilation locale : schéma de principe pour l'émission de polluants froids et plus lourds que l'air. Coupes (a) verticale et (b) horizontale.

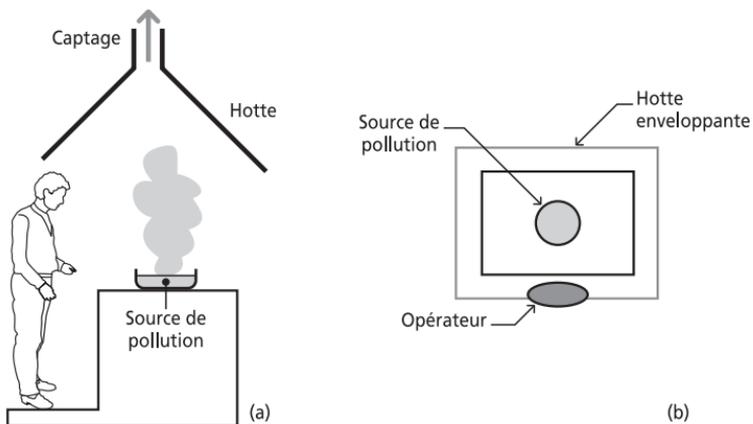


Figure 7.8 – Ventilation locale : schéma de principe avec hotte pour l'émission de polluants chauds et légers. Coupes (a) verticale et (b) horizontale.

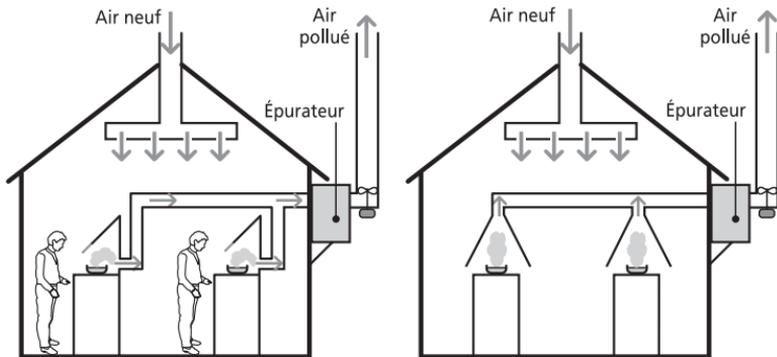


Figure 7.9 – Ventilation locale : atelier avec deux sources de polluants.

La bouche d'extraction, adaptée à la configuration de la source, sera placée le plus près possible de cette dernière et du côté opposé à celui de l'opérateur de façon que le flux d'air pollué soit le plus éloigné possible des voies respiratoires de l'opérateur. La bouche d'extraction peut être de différentes formes : circulaire, carrée, rectangle allongé, ou encore une buse ; sa surface ne devrait pas dépasser 100 cm² de façon à avoir des vitesses d'extraction qui ne soient pas inférieures à 10 m/s.

Le capotage de la source au moyen d'une enveloppe ou une enceinte relativement fermée améliore encore l'efficacité de l'installation.

Il existe également des tables aspirantes qui s'avèrent très efficaces (figure 7.10). Pour avoir un bon captage, il est indispensable de disposer, au niveau de la bouche d'extraction, d'une vitesse d'air la plus élevée possible ; des vitesses de 15-20 m/s sont nécessaires pour capter l'essentiel des polluants émis. Le débit total de l'aspiration Q est :

$$Q = VS$$

avec V la vitesse de l'air à la bouche d'extraction et S la surface de la bouche d'extraction.

Si Q est exprimé en m³/h, ce qui est généralement le cas, V en m/s et S en m², alors cette formule devient :

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3\,600 \times V \text{ (m/s)} \times S \text{ (m}^2\text{)}$$

Ainsi pour une bouche d'aspiration dont la surface totale est de 100 cm² (0,01 m²) et une vitesse de captage de 20 m/s, il faut installer un ventilateur dont le débit sera :

$$Q = 3\,600 \times 20 \times 0,01 = 720 \text{ m}^3\text{/h}$$

En tenant compte des pertes de charge éventuelles dans les canalisations que l'on peut estimer à environ 10 %, le ventilateur installé aura un débit de 800 m³/h, ce qui correspond à un petit ventilateur.

En augmentant la vitesse d'air donc les débits d'aspiration, le niveau sonore du système de captage augmente rapidement et une gêne auditive apparaît ; cette situation est souvent à l'origine de l'arrêt de la ventilation. Il y a donc lieu d'installer un captage qui soit le plus silencieux possible en choisissant correctement les ventilateurs et les canalisations.

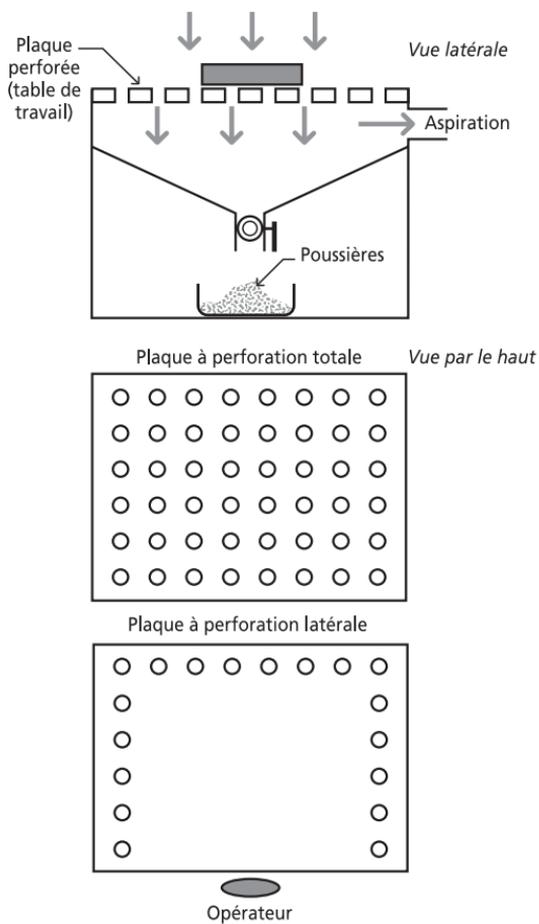


Figure 7.10 – Ventilation locale : table aspirante.

7.3.5 Recyclage partiel ou total

Dans tous les cas, l'air pollué aspiré doit être de préférence rejeté à l'extérieur des locaux de travail. Le recyclage, bien que toléré, est loin d'être satisfaisant et ne peut être utilisé que dans le cas de pollutions légères par des substances faiblement nocives.

Compte tenu des problèmes d'environnement et d'une législation de plus en plus contraignante dans ce domaine, surtout en milieu urbain, l'air pollué aspiré doit être purifié avant son rejet à l'extérieur. De nombreuses solutions existent et plusieurs types d'épurateurs peuvent être utilisés. Les différents épurateurs sont étudiés au chapitre 10 de l'ouvrage.

Il existe deux types de recyclage.

■ Recyclage total

Le recyclage total consiste à réinjecter, dans l'atmosphère du local, la totalité de l'air pollué aspiré aux postes de travail, avec obligatoirement, un épurateur placé dans le circuit qui arrête les molécules et les aérosols dangereux et ne laisse passer que l'air purifié (figure 7.11). L'efficacité d'une telle installation, sur le plan de la prévention, correspond à celle de l'épurateur qui n'est pas toujours évidente. De nombreux épurateurs seaturent rapidement et n'arrêtent plus les polluants et le recyclage n'apporte aucun assainissement.

L'avantage principal du recyclage, c'est d'une part l'économie d'énergie (surtout en hiver, l'air recyclé étant déjà chauffé) et d'autre part, les dimensions réduites et le faible coût des installations dont certaines sont mobiles et déplaçables. Il existe plusieurs modèles pour laboratoires ; bien que séduisants a priori, l'efficacité de ces épurateurs reste a priori très faible, et leur emploi doit être limité aux produits légèrement nocifs et en aucun cas aux produits toxiques.

■ Recyclage partiel

Le recyclage partiel consiste à réinjecter, dans l'air neuf introduit, une partie de l'air pollué rejeté, après épuration (figure 7.12). Cette solution peut être intéressante pour l'économie d'énergie mais présente les inconvénients cités ci-dessus. Le recyclage partiel est surtout utilisé dans le cas de la ventilation générale des ateliers de grandes dimensions mettant en œuvre des produits faiblement dangereux.

Pour tous les problèmes de ventilation, il est conseillé de consulter l'excellente collection des guides pratiques de ventilation éditée par l'INRS.

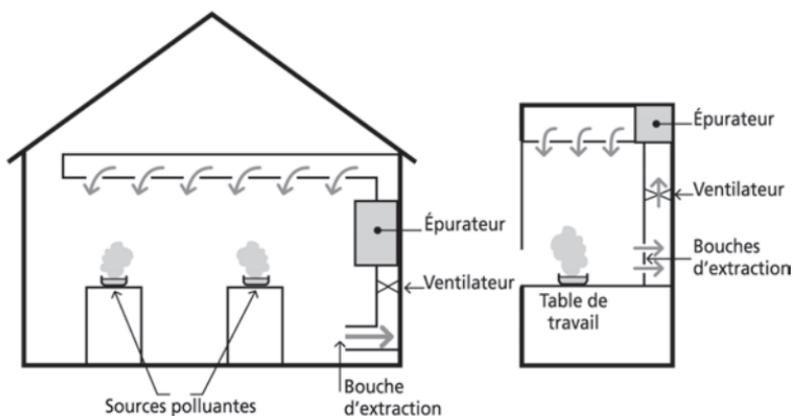


Figure 7.11 – Recyclage total.

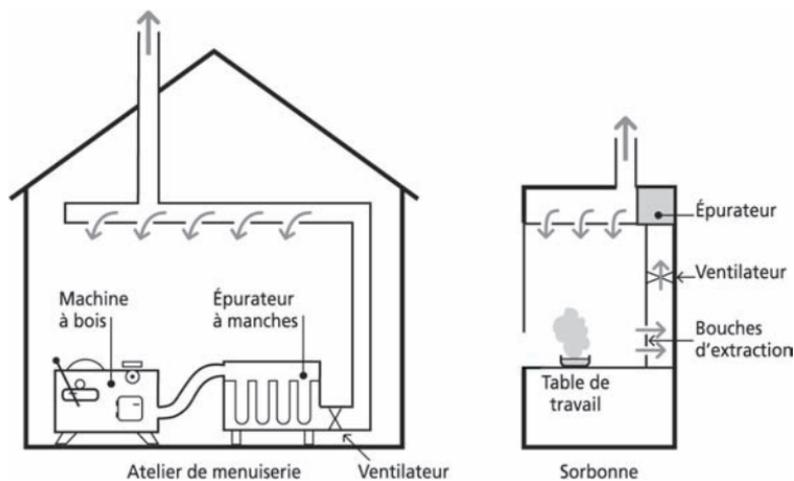


Figure 7.12 – Recyclage partiel.

7.3.6 Prévention des risques d'incendie-explosion

Pour qu'il y ait incendie-explosion, il faut une réaction de combustion conditionnée par la présence simultanée d'un combustible, d'un comburant et une énergie.

La prévention du risque incendie-explosion consiste à rendre impossible la survenance de la combustion en supprimant l'un des trois éléments du triangle du feu.

■ Suppression du combustible

La plupart des mesures énoncées au § 7.2 vont dans ce sens et contribuent à la prévention du risque d'incendie-explosion :

- le remplacement du produit combustible par un autre non combustible. La généralisation de l'emploi des solvants chlorés ininflammables qui ont remplacé les solvants à base d'hydrocarbures combustibles, a supprimé les fréquents incendies et explosions observés dans le passé ;
- l'aspiration et l'évacuation des polluants combustibles qui permettent de baisser les concentrations dans l'air en dessous des limites inférieures d'inflammabilité.

La solution du confinement, préconisé pour la prévention du risque d'intoxication ne s'applique pas dans le cas du risque incendie-explosion. En effet un confinement dans l'enceinte fermée se traduit par une augmentation de la concentration en polluants inflammables, d'où la possibilité de formation de mélanges explosibles.

■ Suppression du comburant

Cette solution correspond à l'inertage. Ce dernier consiste à supprimer le comburant (oxygène) ou réduire sa concentration, et à le remplacer par un gaz inerte qui est généralement l'azote ou le gaz carbonique. Quelquefois, il suffit de diluer l'air par un gaz inerte pour abaisser la teneur en oxygène, ce qui rend difficile voire impossible la survenance des réactions de combustion. L'humidification de l'air peut aussi retarder ces réactions.

Ainsi de l'air dilué par l'azote contenant moins de 9 % d'oxygène (moins de 4 % pour l'hydrogène, l'oxyde de carbone, le sulfure de carbone, l'hydrogène sulfuré, tous très inflammables) n'entretient aucune combustion. Dans les enceintes fermées ayant contenu des produits

inflammables, l'atmosphère qui se trouve au-dessus du liquide est explosible ; il suffit que, par inertage, on introduise de l'azote ou du gaz carbonique de façon à baisser la teneur en oxygène en dessous d'une certaine limite, fonction du produit, pour supprimer le risque d'incendie-explosion. Pour supprimer tout risque de combustion dans un réservoir contenant ou ayant contenu un carburant, il suffit de diluer l'atmosphère par de l'azote jusqu'à obtention d'un mélange contenant moins de 10 % d'oxygène.

Cette technique de l'inertage est couramment employée dans le cas des volumes creux (réservoirs, soutes, cabines, silos) ou fermés, ayant contenu des liquides inflammables (carburants, solvants pétroliers) ou des produits pulvérisés combustibles (farine, amidon, sucre). Après vidange, l'atmosphère intérieure contient des vapeurs ou des poussières combustibles, d'où un risque d'explosion.

Par contre l'inertage est très difficilement applicable pour les locaux et ateliers, d'autant plus que la présence d'opérateurs interdit la réduction de la concentration en oxygène de l'air.

L'inertage, s'il est correctement réalisé, supprime le danger d'incendie-explosion.

■ Suppression de l'énergie

C'est la solution universellement employée pour supprimer le risque d'incendie-explosion et largement mise en œuvre dans les entreprises utilisant des gaz (hydrogène, ammoniac), des liquides (solvants) et des solides sous forme de poussières combustibles.

Une réaction de combustion nécessite un apport énergétique (point chaud, étincelle, rayonnement). L'absence de cet apport réduit voire supprime le risque d'incendie explosion.

Dans les locaux où des produits inflammables sont manipulés ou simplement stockés, il y a lieu :

- de supprimer toute flamme, même très petite ou toute matière en incandescence ; un mégot de cigarette allumé suffit pour déclencher une combustion avec des conséquences souvent graves ;
- de supprimer tous points et surfaces chauds tels que des appareils de chauffage ou des canalisations parcourues par des fluides chauds, des organes de machines en mouvement, des moteurs, etc. ;
- de supprimer les étincelles d'origine mécanique, dues aux chocs entre objets durs (pierre, ciment, métaux durs). La meilleure solution serait de

remplacer, dans la mesure du possible, ou de recouvrir les surfaces dures par des matériaux mous déformables comme les élastomères ou certaines matières plastiques (engrenage, cylindres tournants, etc.). Il y a lieu de supprimer également les appareils et les opérations susceptibles de créer des étincelles comme le broyage, le concassage, le meulage, le sablage, etc. Les moteurs électriques habituels doivent être impérativement remplacés par des appareils conçus pour atmosphères explosibles ;

- de supprimer les étincelles d'origine électriques. Dans les ateliers, on trouve un grand nombre d'appareils électriques indispensables pour le travail. Leur suppression est difficilement envisageable. Il y a lieu alors d'utiliser des appareils (interrupteurs, téléphones, moteurs), conçus et fabriqués de façon à éviter la formation d'étincelles ou de façon à ce que les étincelles formées ne soient pas en contact avec les produits ou atmosphères inflammables. Il existe plusieurs types d'appareils normalisés qui répondent à ces critères :
 - appareils immergés dans un liquide diélectrique (huiles) ;
 - appareils à surpression interne ;
 - appareils antidéflagrants ;
 - appareils fonctionnant à basse tension ;
 - appareils avec simple protection (éclairage sous verre dormant) ;
 - appareils dits de « sûreté » ou à « sécurité renforcée » ;
- de supprimer les étincelles électrostatiques. La formation d'étincelles électrostatiques étant souvent imprévisible, la prévention consiste à écouler les charges électriques de façon à éviter l'accumulation de telles charges, à l'origine des étincelles. Cet écoulement est obtenu par divers moyens :
 - utiliser des matériaux conducteurs (métaux) ou rendus conducteurs (matières plastiques avec tresses ou fils métalliques, avec poudres métalliques incluses dans la masse) ;
 - soigner particulièrement les mises à la terre des appareils et installations ;
 - assurer une bonne équipotentialité des différentes parties des installations et équipements ;
 - humidifier ou mieux ioniser l'air.

Ces mesures doivent être prises impérativement chaque fois que des produits mauvais conducteurs du courant électrique sont en mouvement (transvasement, écoulement dans des canalisations, agitation) ou encore les installations sont constituées entièrement ou en partie de matériaux non métalliques.

■ Lutte contre l'incendie et l'explosion

Il ne s'agit pas ici de prévention proprement dite, car l'accident, incendie ou explosion, s'est déjà produit. Ce sont des interventions post-accidentelles qui permettent de limiter les dégâts et surtout d'arrêter le sinistre. Dans ce sens, il est possible de parler de prévention, car cette lutte suppose des installations et des équipements conçus et réalisés dès le départ. Il est conseillé de se renseigner auprès des brigades de sapeurs-pompiers pour avoir des informations adaptées à chaque situation.

□ Lutte contre l'incendie

C'est le domaine des sapeurs-pompiers professionnels qui doivent être informés très rapidement. Mais une intervention immédiate par des équipes qui se trouvent sur place permet de limiter les dégâts. (Les spécialistes estiment que 10 minutes après le début du feu, les températures atteignent les 600 °C et, au bout de 30 minutes, elles dépassent les 800 °C.)

Les principales mesures à prendre sont :

- en cas de feu, donner immédiatement l'alarme puis l'alerte ;
- utiliser d'abord les extincteurs portatifs qui doivent être placés à des emplacements différents des locaux, facilement accessibles et vérifiés annuellement ;
- prévoir des détecteurs d'incendie qui donnent l'alarme dès le début du feu ;
- installer des extincteurs automatiques fixes à eau (sprinkler) à gaz carbonique, à poudre ou à hydrocarbures chlorofluorés. Ces installations sont conseillées pour les magasins de stockage.

Il existe différents types d'extincteurs à utiliser suivant la nature du feu :

- des extincteurs à eau pulvérisée pour feu de bois, papiers, cartons, matières plastiques, etc. ;
- des extincteurs à mousse à base d'eau pour les solvants ;
- des extincteurs à poudre pour feux gras et des feux de gaz ;
- des extincteurs à neige carbonique pour feux d'origine électrique ;
- des extincteurs à hydrocarbures chlorofluorés ou bromofluorés.

□ Lutte contre l'explosion

Il y a des moyens pour limiter l'effet destructeur des explosions :

- mise en place d'évents, notamment pour les volumes creux ;
- mise en place de parois soufflables (de moindre résistance) pour les locaux, des membranes et des disques de rupture pour les corps creux ;
- mise en place d'extincteurs à déclenchement automatique ;
- mise en place de coupe-flammes ou arrête-flammes spécifiques aux explosions.

□ Manipulation des explosifs et produits instables

Le décret du 28 septembre 1979 concerne la sécurité des salariés dans les établissements pyrotechniques (poudreries, cartoucheries, produits pyrotechniques). L'arrêté du 26 septembre 1980 fixe les distances d'isolement des installations fabriquant ou manipulant des explosifs. La circulaire du 8 mai 1981 et la note technique du 7 décembre 1989 définissent les principales mesures de prévention à mettre en œuvre : suppression des sources de formation d'étincelles et des sources de chaleur, isolement des postes de fabrication et limitations des quantités manipulées et stockées. Ces mesures concernent plus particulièrement l'aménagement des bâtiments et des ateliers, la circulation et les transports, l'entretien, les consignes et la formation du personnel.

7.3.7 Prévention des risques dus aux réactions dangereuses

Les risques présentés par les réactions dangereuses s'expliquent par la rencontre imprévue de deux ou plusieurs produits incompatibles. Les débordements, les fuites, les projections, les mélanges dans des récipients ou des canalisations sont à l'origine de la plupart de ces contacts entre produits susceptibles de réagir ensemble. L'essentiel de la prévention consiste à empêcher la rencontre ou le mélange éventuel de deux ou plusieurs substances incompatibles par les trois mesures suivantes.

■ Remplacement des produits

Le remplacement d'un ou de deux produits par d'autres ne réagissant pas ensemble ou conduisant à des réactions non dangereuses est nécessaire. Cette mesure répond aux solutions proposées aux § 7.3.1 ou 7.3.2 de ce chapitre.

Ainsi, la réaction dangereuse classique : eau de Javel (ou hypochlorite) + détartrant acide peut être supprimée lors des nettoyages de sanitaires en remplaçant l'eau de Javel par un autre désinfectant

■ Éloignement

L'éloignement, solution simple, relève de l'organisation des emplacements des produits incompatibles. En séparant les deux produits et en les éloignant l'un de l'autre de façon à éviter tout contact ou mélange éventuel, on supprime du même coup l'éventualité de réactions dangereuses.

La distance séparant les deux produits incompatibles tient compte des quantités et des opérations mises en œuvre ; au laboratoire, les distances de 50 à 60 cm suffisent ; dans d'autres cas, des distances de quelques mètres s'avèrent nécessaires.

Quelques exemples concrets

Le stockage de produits chimiques présente souvent des risques de réactions dangereuses ; en cas de fuite des emballages ou encore lors des transvasements d'un récipient à un autre, des produits incompatibles peuvent se rencontrer et se mélanger. Le simple fait de grouper ensemble les produits compatibles entre eux et de les séparer des autres familles de produits incompatibles, supprime ce risque.

En cas d'impossibilité de séparations par éloignement, la mise en place d'obstacles matériels (murets, écrans, cuvettes de rétention) s'avère nécessaire.

Dans les ateliers de traitement de surface, il y a lieu d'éloigner les bains incompatibles (bains acides et bains alcalins), ou encore intercaler entre eux des cuves de rinçage par exemple (voir chapitre 9).

■ Obstacles matériels

Les contacts peuvent également être évités par la mise en place d'obstacles et de séparations matérielles telles les murets, les écrans, les tôles et feuilles en matières plastiques. Ces obstacles doivent être de dimensions appropriées, et posséder des résistances mécaniques et chimiques suffisantes.

Une variante sont les cuvettes de rétention, rendues souvent obligatoires pour éviter la pollution des sols et des nappes phréatiques. Ces cuvettes de rétention empêchent les contacts éventuels entre produits incompatibles, dus à des suintements, fuites, projections, ou bris d'emballage (voir chapitre 10).

■ Mesures diverses

L'identification claire et lisible des emballages, récipients, réservoirs, cuvettes et canalisations, permet souvent d'éviter la formation de mélanges dangereux.

En ce qui concerne le dépotage des réservoirs, afin d'éviter la formation de mélanges accidentels de produits incompatibles, il est conseillé de prévoir au niveau de la liaison réservoir-citerne, des ouvertures et des vannes ayant des caractéristiques différentes afin de supprimer les inversions et erreurs éventuelles.

7.4 Équipements de protection individuelle

À côté de la prévention collective, prioritaire dans tous les cas, car plus efficace, il y a lieu de mentionner les équipements de protection individuelle (EPI). Ces équipements viennent uniquement en complément de la protection collective, lorsque cette dernière s'avère peu efficace ou très coûteuse ou encore lorsque le risque n'est pas permanent (opération épisodique de courte durée). Le fait de

faire appel aux EPI, sans mettre en place une prévention collective, est une erreur susceptible de se traduire par des accidents ou des maladies.

Ces appareils ne protègent que les personnes qui en sont équipées, à l'exclusion de toutes autres personnes se trouvant à proximité des postes dangereux. De même, les risques d'incendie-explosion ne sont pas supprimés.

En fonction de la partie du corps qu'ils protègent, les EPI peuvent être groupés en quatre familles :

- protection de la tête et du visage y compris les voies respiratoires ;
- protection du corps ;
- protection des membres supérieurs ;
- protection des membres inférieurs.

Les caractéristiques et les conditions de mise sur le marché de ces équipements sont précisées par le Code du travail et des décrets et arrêtés spécifiques, conformes aux directives européennes ainsi qu'aux normes en vigueur.

Outre les soins apportés à leur conception et à leur fabrication, tous les équipements de protection individuelle doivent, pour protéger efficacement l'homme, faire l'objet d'entretiens réguliers, et de nettoyages fréquents. En cas de détérioration, ils doivent être réparés ou jetés.

Le tableau 7.1 montre les différents équipements de protection individuelle des voies respiratoires.

7.4.1 Équipements de protection de la tête

Les casques de protection rigides, généralement en matières plastiques, protègent la tête contre les chutes d'objets.

Le visage est surtout exposé aux projections de gouttelettes de produits chimiques, aux brouillards et aux vapeurs susceptibles de se condenser sur la peau et les muqueuses.

Des écrans faciaux ou des masques type soudage protègent le visage contre les projections et condensation de produits agressifs.

Des lunettes de sécurité en matériaux divers, éventuellement filtrants ou colorés, de préférence enveloppantes, protègent efficacement les yeux contre les projections souvent très dangereuses.

■ Équipements de protection des voies respiratoires

La protection des voies respiratoires, par où la pénétration dans le corps des produits chimiques est la plus importante, est une préoccupation majeure de la prévention des risques chimiques. La meilleure solution consiste à faire passer

l'air pollué respiré à travers un milieu susceptible d'arrêter efficacement les substances nocives, quel que soit leur état physique (gaz et vapeurs, brouillards, fumées et poussières) et ne laisser passer que l'air plus ou moins purifié.

Tous les équipements sont normalisés à l'échelle européenne et comportent un marquage de conformité CE.

Différents types d'appareils peuvent être utilisés selon les cas.

Appareils filtrants

Ils sont constitués d'une pièce faciale et d'un média filtrant. La pièce faciale doit bien adhérer au visage ou à la partie du visage comportant le nez, de façon à empêcher toute entrée d'air autrement qu'à travers le filtre.

On en distingue plusieurs modèles :

- demi-masque filtrant jetable ; c'est l'ensemble du demi-masque qui filtre l'air introduit ;
- masques et demi-masques jetables, avec ou sans ventilation assistée (pour faciliter la respiration) et à médias filtrants ;
- casques ou cagoules plus enveloppants, avec filtres.

Il existe deux types de médias filtrants :

- les filtres pour arrêter les aérosols : les particules solides et les vésicules liquides sont bloquées par les filtres. Il en existe trois modèles en fonction de leur efficacité de pouvoirs filtrants :
 - la classe P1 à faible efficacité, qui laisse passer les fines ;
 - la classe P2 à efficacité moyenne ;
 - la classe P3 à haute efficacité pour arrêter les poussières très fines et très dangereuses (amiante) ;
- les cartouches qui absorbent les gaz et les vapeurs soit par simple phénomène physique (adsorption) soit suivant une réaction chimique. Il existe des cartouches pour différentes familles de produits (gaz acides, gaz basiques, vapeurs de solvants, etc.), identifiées par une bande colorée et le marquage CE.

Tableau 7.1 – Équipements de protection individuelle des voies respiratoires.

Appareils filtrants anti-aérosols (anti-poussières essentiellement)	
Classe P1	Contre les poussières grossières et peu dangereuses Faible efficacité, fuites Coûts faibles
Classe P2	Contre aérosols nocifs ou irritants Efficacité moyenne, petites fuites possibles Coûts faibles
Classe P3	Contre aérosols toxiques (amiante, silice, plomb, produits cancérogènes) Haute efficacité Utilisée principalement avec masques complets et appareils isolants
Appareils filtrants anti-gaz et anti-vapeurs	
Classe 1	Appareil à cartouches filtrantes Couvre-face ou demi ou quart de masque avec cartouches filtrantes pour concentrations inférieures à 0,1 % en volume. Faibles capacités
Classe 2	Demi-masque à cartouches filtrantes pour concentrations comprises entre 0,1 et 0,5 % en volume Faibles capacités
Classe 3	Masque facial complet avec bidons filtrants de grande capacité et très efficace Pour concentrations comprises entre 0,5 et 1 % en volume
Cartouches filtrantes anti-gaz (cartouches ou filtres ou galettes spécifiques pour chaque famille de produits gazeux). Bandes colorées	
A : marron	Gaz et vapeurs organiques (solvants)
AX : marron	Gaz et vapeurs organiques à point d'ébullition inférieur à 65 °C
B : gris	Gaz et vapeurs minéraux (chlore, HCN, HS)
E : jaune	Gaz et vapeurs acides (anhydrides, acides)
K : vert	Gaz et vapeurs alcalins (ammoniac, amines)
HgP3 : rouge + blanc	Vapeurs de mercure
NOP3 : bleu + blanc	Oxydes d'azote
SX : violet	Substances spécifiques

Ces appareils filtrants se colmatent ou se saturent rapidement, surtout en présence d'une forte pollution locale, ce qui réduit la durée de leur efficacité. En principe, ces appareils filtrants sont destinés aux utilisations ponctuelles et de courtes durées ne dépassant pas les 10 à 30 minutes, suivant le degré de pollution. Une cartouche ouverte, même utilisée très peu de temps, ne doit pas être réutilisée au bout de quelques heures.

Il est rappelé que ces équipements filtrants n'ont aucun effet de protection vis-à-vis de l'air appauvri en oxygène.

Appareils isolants

D'une façon générale, ils sont plus efficaces que les précédents et sont conseillés pour des durées d'utilisation plus longues. L'inconvénient majeur est leur encombrement et leur poids.

Certains sont alimentés par de l'air au moyen d'une pompe, d'autres sont à adduction d'air comprimé. Enfin, il existe des appareils autonomes à bouteilles d'air comprimé ou d'air oxygéné.

Ces appareils sont conseillés pour les atmosphères très polluées ou pauvres en oxygène.

Choix et entretien des appareils de protection des voies respiratoires

Compte tenu de la diversité des situations existantes, et de celles des modèles proposés, le critère de choix doit être essentiellement l'efficacité de l'appareil qui se traduit par son adaptation à la nature des produits manipulés et des opérations mises en œuvre. Par exemple, lorsque l'air est pollué par des vapeurs de solvants, il faut utiliser des appareils filtrants à cartouche spécifique pour solvants (à charbon actif) ou utiliser des appareils isolants si la durée d'intervention est longue.

Il y a lieu de signaler également l'importance de l'entretien et du nettoyage régulier et périodique des équipements des voies respiratoires, et l'interdiction de les réutiliser une seconde fois.

7.4.2 Protection du corps et des membres

Ce sont essentiellement les vêtements de travail (de préférence en coton) et les tabliers (en cuir si possible) qui protègent le corps contre les éventuels contacts avec les produits agressifs. Les vêtements en tissus synthétiques sont à proscrire car, en cas de feu, ils restent collés à la peau et provoquent des brûlures graves.

La protection des mains est assurée par le port de gants. Elle peut être suffisamment efficace, à condition de respecter les quelques critères suivants :

- avoir des gants adaptés aux produits utilisés (assurer une résistance suffisante) ;
- avoir des gants en bon état, sans trous ni déchirures pour assurer une bonne étanchéité ;
- avoir des gants propres et secs à l'intérieur ;
- avoir des mains propres et sèches avant de porter ces gants.

Les chaussures et les bottes de sécurité, avec éventuellement des guêtres, suffisent pour protéger les pieds et les jambes contre l'agression des produits chimiques.

7.5 Interventions d'urgence après un accident ou une maladie

Les interventions de premier secours après un accident du travail ou une pathologie professionnelle ne relèvent pas directement de la prévention des risques, mais ils peuvent, comme dans le cas de la lutte contre l'incendie, limiter la gravité des conséquences.

Les quelques conseils ci-après permettent d'œuvrer dans ce sens.

Cas des pathologies professionnelles : dès que les premiers symptômes pathologiques (maux de tête, fièvre, grande fatigue, manifestations allergiques, asthme, dermatoses) apparaissent, contacter rapidement le médecin du travail ou le médecin généraliste, en l'informant sur le poste de travail ainsi que la nature des produits manipulés. Éviter de se soigner soi-même sans avis médical.

Cas d'intoxications accidentelles : plusieurs situations existent.

- Projections de produits chimiques sur la peau ou dans les yeux : laver le plus rapidement possible les parties atteintes, avec de l'eau potable au moins pendant quelques minutes ; informer le médecin du travail ou l'infirmier. C'est seulement après un lavage abondant à l'eau qu'il y a lieu d'utiliser éventuellement des produits spéciaux.
- Ingestion accidentelle de produits toxiques : ne pas essayer de vomir et prévenir d'urgence l'infirmier et le centre antipoison.
- En cas d'inhalation de gaz et vapeurs toxiques, sortir rapidement dehors et respirer fortement de l'air pur. Prévenir d'urgence l'infirmier et le centre antipoison.

Des consignes donnant des précisions sur les premiers secours doivent être affichées dans les ateliers. La présence de secouristes est vivement conseillée.

8 • LA PRÉVENTION DES RISQUES INDUSTRIELS MAJEURS

Dans leur grande majorité, les accidents industriels majeurs sont dus à l'existence de risques chimiques, principalement l'incendie-explosion et l'intoxication, largement développés dans les chapitres précédents.

Comme pour les risques professionnels traités au chapitre 7, la prévention des risques industriels majeurs procède par un certain nombre de mesures techniques et administratives, souvent proches des mesures prises pour les risques professionnels.

Les mesures de sécurité préconisées pour les risques professionnels d'origine chimique sont à peu de choses près applicables aux risques industriels majeurs qui nécessitent, du fait de leurs caractéristiques particulières, des mesures supplémentaires qui seront précisées dans ce chapitre.

Les caractéristiques particulières s'expliquent pour l'essentiel par l'importance des quantités de produits dangereux présents, donnant ainsi aux accidents éventuels une ampleur et des dégâts importants. C'est la différence essentielle avec les risques professionnels. L'ampleur des accidents nécessite la mise en place de mesures techniques et administratives spécifiques qui viennent s'ajouter aux mesures de prévention des risques chimiques professionnels.

8.1 Aspect réglementaire de la prévention

Comme nous l'avons étudié au chapitre 2, la réglementation de la prévention des risques industriels majeurs relève du Code de l'environnement et des textes qui en sont issus et qui tous sont conformes aux directives européennes existantes ou en préparation.

Parmi les mesures de prévention, il y a lieu de rappeler :

- la procédure des installations classées avec un certain nombre de servitudes pour l'obtention de l'autorisation d'exploiter une installation classée Seveso II (installation soumise à autorisation avec servitudes AS) ;
- la nomenclature des installations classées permettant la réalisation de la procédure et identifiant les produits dangereux ;
- l'étude des risques existants débouchant sur la préparation d'un certain nombre de documents obligatoires, tels que l'étude des dangers, l'étude d'impact, les plans d'urgence interne et externe, la délimitation d'un périmètre de sécurité, etc. ;
- le Code de l'environnement et celui de l'urbanisme interdisant toute construction destinée à l'habitation ou abritant des services recevant du public comme les écoles, les hôpitaux, les lieux de loisirs, les cafés et restaurants, à l'intérieur du périmètre de sécurité. Le non-respect de cette mesure explique le nombre élevé de victimes et de dégâts matériels lors de certains accidents comme celui d'AZF à Toulouse ou de Bhopal.

Une série de mesures concerne également les interventions après un accident industriel majeur et plus particulièrement les interventions suivantes :

- l'organisation des secours : premières interventions d'urgence et interventions ultérieures par les services médicaux et hospitaliers (SAMU, SMUR) ;
- l'intervention des services d'ordre : police et gendarmerie, enquêtes judiciaires ;
- la remise en état du site après l'accident : voirie, constructions et bâtiments divers ;
- la recherche des responsabilités et la réparation des préjudices subis ;
- l'information du public et de la Commission européenne.

8.2 Règles de base de la prévention technique

Les accidents industriels majeurs ont lieu principalement :

- lors de la fabrication des produits chimiques divers, même non dangereux, pour peu que les matières premières qui interviennent ou encore les produits intermédiaires formés présentent des risques ;

- lors du stockage, les quantités présentes étant souvent importantes et ces postes souvent mal contrôlés ou entretenus ;
- lors du transport des produits dangereux, quelle que soit la voie utilisée (route, voie ferrée, mer, fleuve, canalisations, etc.).

8.2.1 Mesures communes avec les risques professionnels

Pratiquement, toutes les mesures techniques préconisées pour supprimer les risques chimiques professionnels s'appliquent aux risques industriels majeurs. Certaines de ces mesures sont facilement transposables, d'autres sont plus difficiles ou insuffisantes dans leur application.

Bien évidemment, seules les mesures collectives peuvent être valables ; les mesures de protection individuelle n'ont aucun effet en matière de prévention des accidents industriels majeurs, sauf peut-être au niveau des personnes chargées d'intervenir après l'accident, afin de se protéger contre la pollution ou encore les chutes d'objets.

Parmi les mesures de prévention collective, citons :

- la limitation des produits mis en œuvre,
- le remplacement d'un produit dangereux par un autre moins dangereux,
- le confinement de la source d'émission éventuelle de produits dangereux,
- la ventilation et l'évacuation des polluants au fur et à mesure de leur formation,
- l'inertage dans l'emploi de produits combustibles,
- la suppression de toute source d'énergie (chaleur, étincelles, frottements, etc.) pour la présence de produits combustibles.

8.2.2 Mesures de prévention lors des fabrications

Les réactions chimiques sont le plus souvent des combinaisons de substances plus ou moins réactives, plus ou moins compatibles entre elles et qui sous certaines conditions peuvent réagir ensemble.

Beaucoup de réactions chimiques sont exothermiques, dégagent de la chaleur qui chauffe la masse réactionnelle, la vitesse de combinaison augmente, avec un échauffement encore plus important. On assiste à une réaction en chaîne, qui, si elle n'est pas contrôlée, peut prendre une allure explosive.

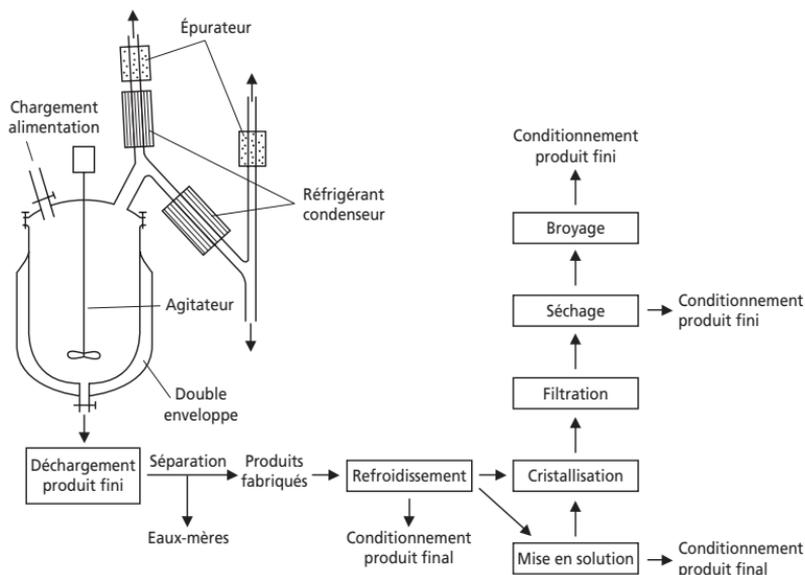


Figure 8.1 – Schéma d'une installation de fabrication chimique.

Lors de ces réactions chimiques, des substances dangereuses, instables, explosives ou toxiques, peuvent se former soit accidentellement soit normalement, selon des processus dits secondaires, et conduire à des accidents.

C'est la connaissance de tous ces processus et mécanismes et leur contrôle qui reste le principe de base de la prévention de ces réactions chimiques :

- comme nous l'avons vu au chapitre 6, l'acquisition des connaissances sur les propriétés chimiques, sur les réactions chimiques et leurs mécanismes permet dans une large mesure de prévoir tous les processus dangereux susceptibles de se produire et par conséquent de chercher et trouver les moyens pour les contrôler ou les empêcher de se produire ;
- contrôler au mieux ces réactions et notamment la température, facteur principal des emballements et des accidents, au moyen de sondes et d'équi-

pements spécialisés fiables. La mise en place de ces équipements et leur bon fonctionnement, déterminés par des contrôles et des entretiens périodiques, sont certainement le meilleur moyen de prévention, s'il n'est pas possible de remplacer les réactions et les produits dangereux par d'autres peu dangereux ;

- les équipements de travail et les appareils et installations utilisés pour conduire les opérations doivent être parfaitement adaptés aux opérations et produits utilisés ou formés ; ils doivent présenter une résistance chimique et une résistance mécanique suffisantes aux conditions réactionnelles habituelles ;
- le respect absolu des modes opératoires et des conditions opératoires précisées par les cahiers des charges, et notamment des températures de réaction, paramètre réactionnel le plus important. Tout dépassement de la température du milieu réactionnel doit être compensé par la mise en route du refroidissement, obtenu généralement par la circulation d'eau froide dans la double enveloppe ou par tout autre moyen ;
- en cas d'emploi et de formation de produits dangereux, toxiques ou explosibles, une installation fermée étanche sera utilisée, conformément au principe du confinement de la source d'émission de substances dangereuses ;
- en cas d'emploi et de formation de produits combustibles, des mesures seront prises pour éviter tout risque d'inflammation ou d'explosion ; l'inertage et la suppression des sources d'étincelles ou de chaleur restent les mesures de prévention de base ;
- l'entretien des contenants des milieux réactionnels et la réparation de toute faiblesse ou fuites sont indispensables ; des fuites ou encore des entrées d'humidité ou d'air peuvent donner naissance à des réactions secondaires dangereuses ;
- l'entretien et le nettoyage des contenants des milieux réactionnels et des produits divers s'imposent également ; les parties rouillées peuvent catalyser certaines réactions dangereuses et favoriser l'éventualité des accidents ;
- ces entretiens supposent des contrôles et des vérifications périodiques, suivies de réparations et de mises en état des parties et organes défectueux.

L'analyse des différents accidents et incidents survenus lors des fabrications chimiques montre que c'est la négligence et le non-respect de l'une ou plusieurs de ces mesures qui sont la principale cause des dysfonctionnements conduisant aux accidents.

Le respect de ces différentes mesures est de nature à permettre d'effectuer ces fabrications chimiques dans de bonnes conditions de sécurité.

8.2.3 Mesures de prévention lors du stockage des produits chimiques

Un grand nombre d'accidents majeurs (Feyzin, Bhopal, AZF de Toulouse) se sont produits lors du stockage de produits chimiques. L'analyse de ces accidents montre d'une façon certaine l'existence des insuffisances suivantes :

- mauvaises conception et réalisation des réservoirs et sites de stockage,
- absence d'entretien et de réparation se traduisant par des fuites de substances dangereuses,
- absence de contrôles périodiques susceptibles de mettre en lumière les insuffisances,
- négligences dans la gestion des stockages pour des raisons souvent économiques.

Les postes de stockage font partie de la production et doivent faire l'objet de soins au niveau de la conception, de la réalisation, du fonctionnement et de l'entretien. Dans cet ordre d'idées, il y a lieu de préciser les trois principes de base suivants :

- réduire au maximum les quantités stockées, notamment par fractionnement des stocks,
- séparer et éloigner les uns des autres les produits incompatibles,
- entretenir et réparer si nécessaire les installations de stockage.

■ Réduction des quantités stockées de produits dangereux ou non

L'importance du sinistre dépend largement des quantités présentes, l'énergie dégagée par l'accident étant proportionnelle aux masses. La réduction de la quantité de produits dangereux, matières premières ou produits finis et intermédiaires est certainement la principale mesure préventive. Cette réduction, qui tient compte des besoins de la fabrication, se fait suivant les principes suivants :

- réduction des stocks au minimum compatible avec les besoins et les conditions d'approvisionnement et d'expédition ;
- fractionnement des stocks en plusieurs tas ou lots, séparés les uns des autres par l'éloignement ou par des obstacles matériels comme des murets, ou mieux, placés dans des locaux différents.

Une telle solution reste toujours possible, elle nécessite tout au plus une étude organisationnelle et économique. La réduction des stocks correspond également à une réduction des coûts de production et reste largement pratiquée actuellement.

■ Stockage des produits incompatibles

Dans les entreprises, il existe très souvent de nombreux produits incompatibles, susceptibles, lorsqu'ils entrent en contact les uns avec les autres, de déclencher des réactions dangereuses et des accidents.

Il y a lieu de prendre toutes les mesures pour éviter que de tels contacts accidentels puissent se produire.

Deux cas peuvent se présenter alors :

- proximité des stocks de produits incompatibles rendant possible des contacts et des mélanges dus aux vents, pluies, suintements, etc. ;
- erreurs de manipulation avec chargement d'un produit dans la zone contenant un autre produit incompatible et donc contact immédiat.

Pour éviter de telles situations, il est conseillé de :

- éviter de stocker des produits incompatibles les uns à côté des autres ; prévoir si possible des aires ou des sites distincts par familles de produits compatibles entre eux, ce qui suppose une bonne connaissance des propriétés chimiques des produits et une étude approfondie au niveau de la conception et de la réalisation des stockages ;
- si l'espace disponible n'est pas suffisant, prévoir alors des séparations matérielles suffisantes comme des murets, écrans ou bacs plastiques, tous étanches et résistant aux produits stockés ;
- identifier au moyen d'inscriptions, de pictogrammes et de couleurs, le contenu de chaque aire de stockage ;
- former le personnel et notamment ceux qui sont amenés à charger et décharger les stocks et leur donner des instructions claires et précises, en leur précisant bien l'importance du respect des consignes données ;
- nettoyer et entretenir les aires de stockage, en éliminant tout corps étranger ou susceptible de réagir avec les produits à stocker.

■ Stockage des produits combustibles et explosifs

Les gaz et vapeurs ainsi que les aérosols (poussières fines, brouillards) combustibles peuvent s'enflammer ou donner des mélanges explosifs en présence d'air. L'explosion de Feyzin et les explosions de silos de produits agroalimentaires (céréales, farine, sucre, etc.) comptent parmi les nombreux accidents recensés. Les usines pétrochimiques et les dépôts d'hydrocarbures sont très exposés aux risques d'incendie-explosion.

Les principales mesures de sécurité sont les suivantes :

- éviter toute source de chaleur et d'étincelles par les moyens déjà mentionnés ; des conteneurs conducteurs du courant électrique comme les métaux, des mises à la terre bien conçues, des sols non durs (revêtements souples ou terre) sont parmi les solutions proposées ;
- stocker ces produits à l'abri des rayons solaires directs ;
- utiliser des chariots de transport et des équipements de transvasement ne présentant pas des sources de chaleur ;
- le fractionnement est souvent indispensable.

8.2.4 Mesures de prévention lors du transport des produits dangereux

De nombreux accidents sont signalés lors du transport des produits dangereux, quelle que soit la voie de transport utilisée. Certains de ces accidents sont considérés comme majeurs, notamment dans le cas du transport de produits pétroliers par mer (accidents des Torrey Canyon, Amoco-Cadiz, Exxon-Valdez, Erika, Prestige), par route ou par canalisations (accident de Ghislenghien en Belgique).

La grande majorité des accidents maritimes sont les pollutions de la mer à la suite de fuites de produits pétroliers en provenance des réservoirs de tankers mal conçus ou non entretenus. Ces accidents se rapprochent des accidents de stockage et les mesures de prévention relèvent essentiellement de ce qui vient d'être dit au § 8.2.3. S'y ajoute le respect absolu de la réglementation internationale, qui est parfois mal appliquée pour des raisons économiques.

Chaque mode de transport (route, chemin de fer, canalisations enterrées, mer, fleuve, etc.) possède ses propres règles consignées dans des textes officiels nationaux et internationaux. Signalons que le transport aérien des produits dangereux est interdit.

Les principales mesures de prévention en matière de transport des matières dangereuses relèvent des règles internationales suivantes :

- respect absolu des règles internationales et nationales ;
- formation et information des personnes chargées des manipulations, des conducteurs et autres travailleurs intervenant à quelque titre que ce soit ; il s'agit de les informer sur les risques présentés par les produits transportés et les précautions à prendre ;
- identification des contenus des réservoirs conformément aux règles internationales au moyen de couleurs, symboles et pictogrammes ;

- adaptation des moyens de transport aux produits et aux quantités ;
- bon état et entretien régulier des équipements de transport et des réservoirs ;
- pour le transport des matières dangereuses par canalisations enterrées, identification du secteur par marquage au sol et interdiction des travaux de bâtiment à proximité immédiate.

8.3 Interventions après l'accident

L'importance des conséquences des accidents industriels majeurs est telle que les services publics ont jugé utile de mettre en place une organisation spécialement conçue pour permettre une intervention rapide et efficace.

Le Code de l'environnement et notamment les dossiers de demande d'autorisation pour exploiter une installation classée type Seveso II (autorisation avec servitudes AS) exigent la préparation d'une étude d'impact, d'une étude de dangers et surtout l'établissement de plans d'urgence interne et externe, ce dernier étant préparé par les services préfectoraux, avec la collaboration des services locaux et de l'entreprise. Le plan d'urgence externe permet, pour chaque installation classée Seveso II, de mettre en place l'organisation adaptée à la situation pour une intervention rapide des autorités compétentes.

Le tableau 8.1 indique les différentes interventions à mettre en place et les organismes correspondants après un accident industriel majeur.

Tableau 8.1 – Interventions après un accident industriel majeur.

A : Les personnes ayant constaté (ou ayant été informées de) l'accident (maire, police, gendarmerie) signalent l'accident à la préfecture

B : Préfecture

Le préfet est informé.

Le préfet décide de mettre en place le plan choisi en fonction du sinistre.

Le préfet informe et charge les différents états-majors départementaux et régionaux d'intervenir sur le lieu de l'accident.

Le préfet informe la direction départementale de la protection civile qui intervient.

C : La direction départementale de la protection civile informe et demande l'intervention des services suivants :

- le service de protection le plus proche de la catastrophe, qui informe la direction départementale d'incendie et de secours ;
- la direction départementale d'incendie et de secours, qui informe et demande l'intervention des sapeurs-pompiers les plus proches ;
- la direction départementale de la police, qui informe le commissariat de police ;
- le commandant de la brigade de gendarmerie ;
- la direction départementale de l'équipement (service des transports) ;
- la direction des affaires sanitaires et sociales (service des soins médicaux), qui demande l'intervention du SAMU et l'intervention du SMUR, et informe les centres de soins les plus proches.

D : La direction départementale de la protection civile reçoit les informations des différents services opérationnels sur les lieux et informe le préfet ainsi que :

- la direction départementale des transmissions (service des liaisons et transmissions du ministère de l'Intérieur) ;
- le service des relations publiques de la préfecture.

E : Les services de sapeurs-pompiers, le commissariat de police et la brigade de gendarmerie peuvent intervenir rapidement, sans attendre l'information et la demande officielle du préfet

Après un accident industriel majeur, les différentes interventions sont placées sous l'autorité du préfet du département (ou celui de la région) qui centralise toutes les informations et les décisions :

- Les sapeurs-pompiers et les services médicaux et paramédicaux (SAMU, SMUR) publics ou privés les plus proches ou encore les mieux équipés interviennent en premier pour les soins d'urgence et le transport des victimes vers les centres de soin.
- Les services d'ordre, police et gendarmerie assurent l'ordre, règlent la circulation et effectuent les enquêtes judiciaires, indispensables pour la recherche des responsabilités en vue du règlement des frais de réparation.
- La remise en état du site s'effectue avec le concours de la Direction départementale de l'équipement (DDE).

- Les services judiciaires sont chargés, à partir des enquêtes judiciaires établies par la police et la gendarmerie, d'établir les responsabilités et les indemnités à régler aux victimes.
- L'information de la population, des services nationaux et de la Commission européenne est laissée à l'initiative des services préfectoraux.

L'organisation des interventions se fait conformément aux plans particuliers d'intervention (PPI) qui comportent :

- la description de l'installation dangereuse,
- le périmètre de sécurité,
- le recensement en matériels et hommes susceptibles d'intervenir,
- les moyens d'information et les schémas d'évacuation des populations,
- les mesures d'urgence à prendre tant par l'industriel que les pouvoirs publics,
- la diffusion des alertes auprès des populations.

D'autres plans comme les plans ORSEC, Rouge ou NOVI peuvent être appliqués si nécessaire.

9 • APPLICATIONS PRATIQUES

B

PRÉVENTION DU RISQUE CHIMIQUE

Les chapitres précédents ont traité des définitions et des caractéristiques techniques et réglementaires des risques chimiques, de leur détection et de leur prévention.

Ce chapitre 9 traite essentiellement de l'aspect pratique des risques chimiques et des mesures de prévention. Son objectif principal est d'aider les personnes chargées de la détection des dangers présentés par les produits chimiques, de leur permettre d'identifier les risques et leur importance et de proposer des mesures de prévention. Sans être exhaustif, les principaux risques chimiques rencontrés dans les différentes activités industrielles, ainsi que les mesures de prévention qui en découlent sont passés en revue, en restant en permanence dans le cadre de la réalité quotidienne. Ce chapitre est l'application pratique sur le terrain des mesures de prévention énoncées aux chapitres 7 et 8.

Les activités industrielles sont composées d'une multitude d'opérations faisant appel à des produits et à des réactions chimiques similaires ou proches les uns des autres. Il en résulte un certain nombre de situations de risques chimiques voisins que l'on rencontre dans l'industrie ; globalement, les mesures de prévention à mettre en place sont comparables et relèvent des mêmes principes généraux, à charge à chacun d'adapter ces mesures aux particularités des postes de travail et des processus de fabrication.

Ainsi, les activités de fabrication des peintures, vernis, encres et colles présentent certaines similitudes quant à la nature des risques chimiques, dus principalement à l'emploi de solvants nocifs et pour certains inflammables. Les mesures de prévention à mettre en œuvre dans les différents ateliers de fabrication relèvent donc des mêmes principes, à savoir l'aspiration à la source des vapeurs nocives et la suppression des risques d'incendie-explosion par la chasse aux étincelles et sources de chaleur.

Un autre exemple concerne le stockage des produits chimiques dangereux dans les entreprises, quelles que soient leur nature et leurs activités de

production. Les magasins doivent respecter un certain nombre de conditions de sécurité adaptées aux produits stockés et non aux activités de l'entreprise.

Il y a lieu de rappeler que, dans ce qui suit, seuls les risques à caractère chimique et leur prévention sont pris en compte, à l'exception des autres risques, souvent beaucoup plus importants comme par exemple dans le cas des activités de bâtiment et de travaux publics où les risques de chutes de grande hauteur sont fréquents et graves.

Dans les activités listées ci-après, on rencontre à la fois des risques industriels majeurs (sauf pour le bâtiment) et des risques chimiques professionnels.

9.1 Industries chimiques et parachimiques

Compte tenu de la diversité et du grand nombre de substances mises en œuvre, les risques sont nombreux et variés. D'une façon générale, les chimistes qui manipulent ces produits sont relativement sensibilisés aux risques existants, et le matériel, notamment celui de fabrication récente est conforme aux spécifications de sécurité. Pour le reste, les quelques mesures à respecter sont les suivantes.

- Suivre scrupuleusement les modes opératoires définis à la suite de nombreuses études et mises au point. Respecter l'ensemble des consignes qui doivent être affichées à proximité immédiate des postes de travail.
- Signaler immédiatement toute anomalie constatée au cours des opérations et suivre les consignes particulières relatives aux dysfonctionnements.
- Entretenir et vérifier régulièrement le matériel et les installations ainsi que leur bon fonctionnement.
- Ne jamais neutraliser un élément ou un équipement de sécurité sans avoir étudié au préalable, avec les responsables de la sécurité, les différents cas de figures possibles.
- En fonction des produits mis en œuvre, mettre en place les équipements de sécurité adaptés pour supprimer les risques d'intoxication et d'incendie-explosion.

Les postes de fabrication de produits chimiques et pétrochimiques (synthèses, purifications, distillations, dissolutions, filtrations, stockages, séparations) sont des sources potentielles d'incendies et d'explosions ainsi que d'émanations de substances nocives et polluantes. Certaines de ces opérations sont réalisées en circuit fermé (confinement), notamment dans l'industrie pétrochimique et les raffineries.

9.1.1 Stockage des produits chimiques dangereux

Le stockage des produits chimiques présente toujours des risques lorsqu'un certain nombre de mesures élémentaires ne sont pas respectées.

- Ces produits seront stockés dans des locaux frais, ombrés et aérés (naturellement ou au moyen de ventilateurs). Ils seront groupés en familles compatibles entre elles ; chaque groupe sera séparé des autres soit au moyen d'obstacles matériels, soit par éloignement, de façon à éviter les mélanges accidentels éventuels.
- L'absence de toute source de chaleur ou d'étincelles dans les locaux de stockage, surtout lorsqu'il y a des produits inflammables, est indispensable.
- Les récipients contenant des produits chimiques et dûment étiquetés seront équipés de cuvettes de rétention étanches et spécifiques à chaque famille de produits compatibles. Les cuvettes de rétention sont obligatoires pour le stockage des liquides dangereux.
- Les magasins de stockage seront régulièrement nettoyés ; les emballages vides seront évacués ainsi que les débris de déchets tels que bois, papier, carton, sacs etc.
- Les produits dangereux notamment ceux qui sont inflammables et explosibles seront stockés dans des locaux séparés ou à l'air libre avec toiture soufflante et en quantités limitées, loin de toute source de chaleur et d'étincelles.
- Les produits très toxiques seront conservés dans des locaux ou armoires séparés, toujours fermés à clef.

9.1.2 Peintures, vernis, encres et colles

■ Risques dans les ateliers de fabrication

Le risque principal provient de l'emploi de solvants dont plusieurs sont inflammables et nocifs. La fabrication de peintures, encres et colles à base d'eau (émulsions) réduit considérablement ces risques. La principale mesure de prévention consiste à aspirer les vapeurs émises lors de la fabrication, notamment pendant les broyages, les malaxages et les homogénéisations. Pour les solvants inflammables, la suppression des sources d'étincelles électriques ou électrostatiques s'impose au moyen de mises à la terre et de la mise en équipotentialité des différentes parties des installations, par l'emploi de matériaux conducteurs du courant électrique

(récipients et canalisations métalliques ou en matières plastiques rendues conductrices).

Certains pigments (chromates, dérivés de l'aniline) et résines (acryliques) entrant dans la composition de ces produits sont nocifs. Lors de leurs manipulations telles que pesage, malaxage, mélange, les poussières et les vapeurs qui se dégagent doivent être aspirées au plus près des sources d'émission.

Dans ces activités, les quantités importantes de solvants et autres produits combustibles présentes sont à l'origine de risques d'incendie et d'explosion graves, susceptibles de conduire à des accidents majeurs.

La principale mesure de prévention est la suppression des sources d'énergie, par la lutte contre les sources de chaleur et les étincelles d'origine électrique et électrostatique dans les ateliers de fabrication. L'emploi d'installations anti-déflagrantes s'impose.

■ Risques lors de l'application des peintures et vernis

Les postes de mélange de peintures seront équipés de systèmes d'aspiration. L'application des peintures et vernis par pulvérisation au moyen de pistolets, quelle que soit la technique utilisée, conduit à la formation d'un aérosol dangereux, tant sur le plan de l'intoxication (facilités de pénétration des vésicules de peintures dans l'organisme) que de l'incendie-explosion (mélanges explosifs).

L'application des peintures et vernis par pulvérisation a fait l'objet de plusieurs textes réglementaires dont le plus ancien est le décret du 23 août 1947 modifié, suivi du décret du 12 janvier 1990 et de l'arrêté du 3 mai 1990.

L'application par pulvérisation doit être effectuée dans des cabines de différents types :

- pour les petits objets, dans des cabines ouvertes avec aspiration ;
- pour les pièces plus importantes, dans des cabines fermées (véhicules automobiles, poids lourds).

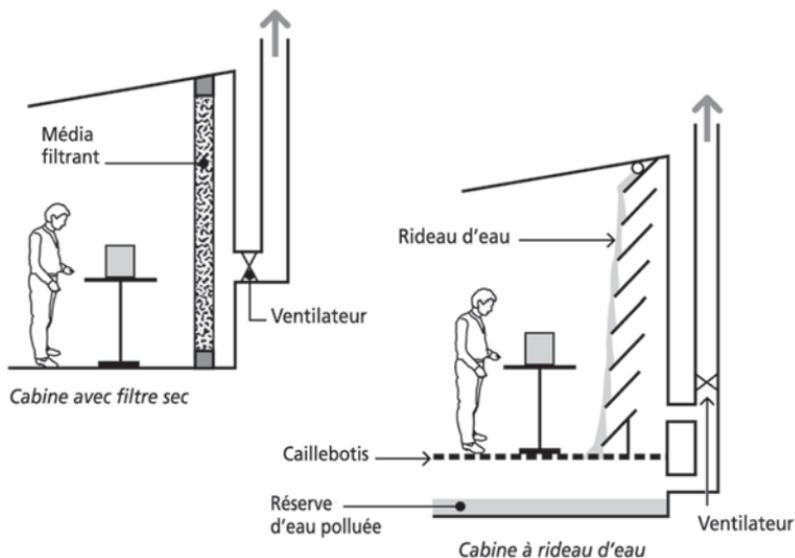


Figure 9.1 – Cabine de peinture ouverte.

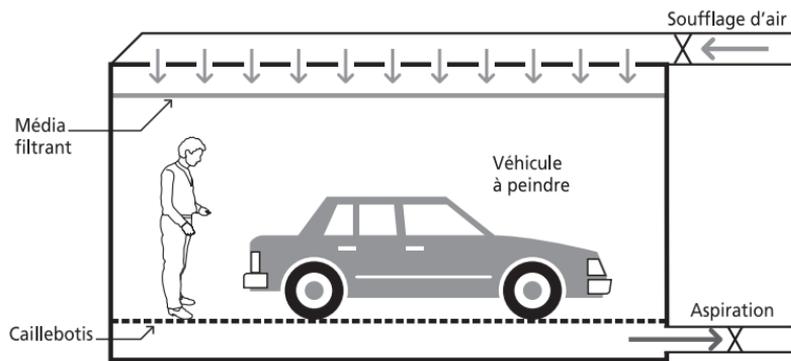


Figure 9.2 – Cabine de peinture fermée.

Toutes ces cabines comportent des épurateurs à filtres (à sec) ou à rideau d'eau, ainsi qu'un système de captage adapté aux travaux.

Pour l'application des peintures ou vernis à la brosse ou aux pinceaux, l'utilisation de cabines est conseillée, notamment lorsqu'il s'agit de peintures ou vernis à base de polyuréthanes ou époxy.

La peinture de petits objets peut se faire sur des tables aspirantes (voir figure 7.10).

Après application, le séchage des peintures et vernis s'accompagne d'un dégagement important de vapeurs de solvants ; cette opération sera effectuée dans un local aéré (ventilation générale par exemple).

Les supports peints, vernis, imprimés ou collés sont souvent chauffés (enlèvement des vieilles peintures, soudages de supports métalliques peints, brûlages des bois, papiers et cartons, imprimés ou collés). Ces opérations de chauffe, dégagent des produits de décomposition nocifs ; elles doivent être effectuées dans des locaux ventilés ou à l'air libre.

9.1.3 Matières plastiques et élastomères

La fabrication des résines qui entrent dans l'élaboration des matières plastiques et des élastomères relève de l'industrie chimique ; les précautions signalées au § 9.1.1, prennent ici toute leur importance, car les réactions mises en œuvre sont souvent délicates ; certaines, exothermiques, peuvent donner naissance à des réactions en chaîne explosives. D'où la nécessité de bien contrôler les réactions de polymérisation et éviter les surchauffes éventuelles.

Certains monomères (chlorure de vinyle) et résines (allyliques, polyesters styrénés, isocyanates, époxydes) sont nocifs et toxiques. Il est nécessaire d'effectuer leur fabrication en vase clos ou dans des ateliers munis d'extracteurs.

La mise en forme des matières plastiques (injection, extrusion, moulage, thermoformage, etc.) se fait le plus souvent à chaud, à des températures comprises entre 150 et 300 °C et souvent sous pression ; à ces températures, il peut y avoir une décomposition des matières plastiques avec formation de gaz et de vapeurs nocifs et irritants. Il en est de même pour les opérations d'usinage à chaud ou à froid.

La principale mesure de prévention consiste à aspirer les gaz, vapeurs et fumées dégagés à la source même d'émission.

9.1.4 Produits pharmaceutiques

Les principales opérations pour la fabrication des produits actifs et des médicaments finis sont les synthèses organiques de molécules complexes, les disso-

lutions et les cristallisations dans des solvants variés pour la plupart inflammables, les distillations, les fermentations, etc.

La manipulation des principes actifs en grande quantité présente des risques d'intoxication tant par l'inhalation des poussières et des vapeurs que par le contact cutané. La ventilation de ces postes de travail est vivement conseillée. La manipulation des substances les plus dangereuses doit être effectuée en circuit fermé étanche (boîte à gants). En cas de présence de solvants inflammables, la prévention des risques d'incendie-explosion suppose l'aération du local et la suppression des causes de formation d'étincelles et de points chauds.

L'emploi de gants, coiffes, vêtements jetables et une hygiène corporelle stricte s'imposent dans tous les cas.

La présence de solvants inflammables comme les alcools, largement utilisés dans les dissolutions et cristallisations des principes actifs ainsi que dans la fabrication des produits finis, aggrave le risque d'incendie et d'explosion.

9.1.5 Produits cosmétiques

Cette industrie utilise un grand nombre de solvants inflammables et nocifs (alcools, esters), des essences qui contiennent des terpènes, des aldéhydes, des phénols, des résines dont certains sont des sensibilisants, des irritants et des allergisants.

Les risques sont assez comparables à ceux existant dans l'industrie pharmaceutique.

Le risque le plus important est celui d'incendie-explosion ce qui nécessite des installations électriques réduites au strict minimum nécessaire aux besoins de l'exploitation et conçues pour être utilisées en atmosphère explosive, ainsi qu'une absence totale de toute source de chaleur.

Une ventilation générale des ateliers de fabrication s'avère quelquefois nécessaire.

9.1.6 Pesticides, insecticides et produits phytosanitaires

Ces produits, s'ils sont toxiques pour les animaux et les insectes, le sont également pour l'homme. Lors de leur fabrication, de leur conditionnement et de leur stockage, les salariés sont amenés à manipuler des quantités importantes de ces substances dangereuses, d'où la nécessité de mettre en place des mesures de prévention classique : travail en vase clos, aspirations efficaces sur certains postes de travail, port d'équipements de protection individuelle en bon état ainsi qu'une bonne hygiène corporelle.

L'automatisation de certaines opérations (pesées, conditionnements) est vivement conseillée.

9.1.7 Produits pyrotechniques, explosifs et autres produits peu stables

La fabrication et le stockage de ces produits instables, qui ont tendance à se décomposer suivant des réactions très exothermiques, sont à l'origine d'incendies et d'explosions souvent à caractère catastrophique.

Il existe une réglementation spécifique à cette industrie et qui précise un certain nombre de mesures de sécurité tant au niveau de la conception des ateliers et des postes de travail qu'à celui des procédés de fabrication qu'il y a lieu de respecter scrupuleusement pour éviter tout accident (voir chapitre 7). Certains de ces produits tels que la nitroglycérine sont à l'origine d'une maladie professionnelle (tableau n° 72).

Les explosions dues à ces produits sont très puissantes et destructrices, d'autant plus qu'il s'agit essentiellement de détonations accompagnées d'ondes de choc. Les conséquences ont souvent le caractère d'accidents industriels majeurs.

9.1.8 Produits photographiques

Cette industrie utilise également une foule de produits dont certains sont dangereux à manipuler sans précaution : nitrate d'argent, ammoniacque, hydroquinone, hyposulfite, des amino-phénols, des chlorophénols, des matières colorantes diverses.

La ventilation des locaux et le port d'équipements de protection individuelle suffisent pour soustraire les salariés aux risques, à condition que ces mesures soient conformes aux règles et normes en vigueur.

9.2 Industries mécaniques et métallurgiques

Ces activités présentent de nombreux risques chimiques souvent mal connus des opérateurs, car plus discrets et peu évidents par rapport aux risques mécaniques bien cernés comme les coupures, les écrasements, les arrachements, les chutes et autres.

Cinq activités relevant des industries mécaniques et métallurgiques méritent l'attention du préventeur, par suite de l'importance des risques chimiques existants.

9.2.1 Manipulation des métaux toxiques

Plusieurs métaux sont particulièrement toxiques pour l'homme ; il s'agit du plomb, du cadmium, du béryllium, du mercure, de l'arsenic et à un moindre degré du cuivre, du nickel et du cobalt. La manipulation de ces produits lors des différents traitements métallurgiques (élaboration des métaux, fonderies, alliages et dérivés chimiques) ou mécaniques (usinage, transformations diverses) émet des poussières et des fumées dangereuses.

L'aspiration de ces postes de travail est nécessaire ; le port de masques filtrants efficaces améliore la protection des salariés.

Suivant les cas, des hottes ou des tables aspirantes peuvent être installées.

9.2.2 Fonderie des métaux

La fonderie des fontes utilise des moules et des noyaux à base de sable siliceux aggloméré avec différents produits (brais, produits amylicés, argiles, huiles siccatives, résines). Lors de la coulée du métal fondu et au cours du refroidissement de celui-ci, il y a un dégagement important de fumées et de poussières fines, composées de gaz, vapeurs et de silice, tous nocifs. Leur inhalation présente des risques d'intoxication chronique ; de nombreux cas de silicose ont été constatés chez les travailleurs des fonderies de fonte. L'emploi de produits exothermiques pour maintenir le métal à l'état fondu dans les lingotières, l'emploi de produits divers (fluorés) pour éviter l'oxydation des métaux fondus, dégage également des fumées toxiques.

Les opérations de décochage des pièces métalliques moulées sont aussi à l'origine de dégagements de poussières, de silice et de produits carbonisés (riches en HPA). Même si le sable neuf n'est pas silicogène, après échauffement par le métal fondu, les grains de silice s'éclatent pour donner de fines particules de silice qui elles sont silicogènes.

Dans tous les cas, l'extraction des fumées et des aérosols s'impose aux postes de coulée et de décochage. L'utilisation de hottes aspirantes est recommandée. Pour le décochage, des installations inspirées des tables aspirantes s'avèrent efficaces.

Au cas où de telles installations de captage s'avèrent difficiles à mettre en place, les opérations de coulée et de décochage doivent être effectuées dans des locaux bien aérés.

9.2.3 Traitements thermiques

Afin d'améliorer certaines propriétés, les pièces métalliques subissent des traitements thermiques qui consistent à plonger des pièces chauffées dans des bains ou des atmosphères chauds (figure 9.3). Les bains sont constitués soit de sels fondus (cyanures, nitrates, nitrites, etc.) soit d'huiles minérales. Les vapeurs et les fumées dégagées par suite de la décomposition des bains lors de ces opérations sont pour la plupart toxiques.

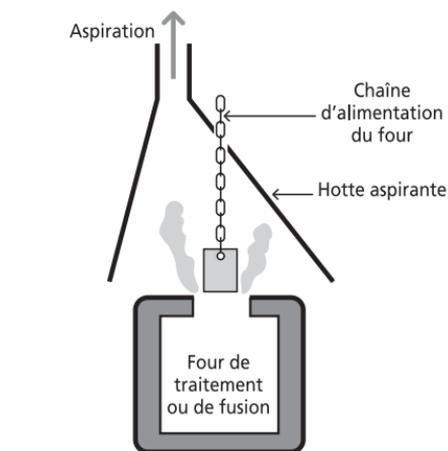


Figure 9.3 – Hotte aspirante pour le traitement thermique et la fusion des métaux.

Il est nécessaire de capter ces vapeurs et fumées chaudes au moyen de hottes aspirantes placées au-dessus des bains et des fours chauds et de rejeter les polluants dans l'atmosphère après épuration.

9.2.4 Traitements de surface (métallisation)

L'application d'un film métallique sur des objets en métal ou en matière plastique, par voies chimique ou électrochimique, fait appel à un grand nombre de produits, sels, oxydes, acides, alcalis, dont la plupart sont toxiques car ils

sont à base de cyanures, de chromates, de sels de cadmium et de nickel, d'acide nitrique, de soude caustique, etc. Lors des traitements, les vapeurs et les brouillards qui se dégagent surtout à chaud (à partir de 35 °C) présentent des risques d'intoxications et de maladies professionnelles.

L'aspiration des cuves contenant des bains à base de sels toxiques et notamment ceux qui sont à plus de 35 °C s'impose. De nombreuses solutions et configurations techniques sont proposées ; les plus courantes sont celles où les bouches d'extraction (lèvres aspirantes) sont placées le long des parois des cuves et en partie haute (à 10-20 cm du niveau supérieur du bain) (figure 9.4). Une autre technique d'aspiration est souvent proposée ; c'est le système *push-pull* : une bouche soufflante placée à l'opposé de la bouche d'extraction permet d'obtenir un flux d'air laminaire empêchant les brouillards et vapeurs formées de se disperser dans l'atmosphère (figure 9.5). Ce principe semble séduisant d'autant plus qu'il est considéré comme étant moins onéreux. En réalité de nombreux inconvénients limitent son emploi. Pour être efficace, le débit de l'aspiration doit toujours rester légèrement supérieur à celui du soufflage d'air afin d'éviter les turbulences, cette situation se dégrade rapidement et l'importance des débits s'inverse dans le temps. Un autre inconvénient apparaît lors des opérations de mise dans le bain et du retrait des pièces à grande surface ; le flux laminaire est rompu, l'air soufflé se réfléchit sur la surface et les polluants se dispersent dans l'atmosphère.

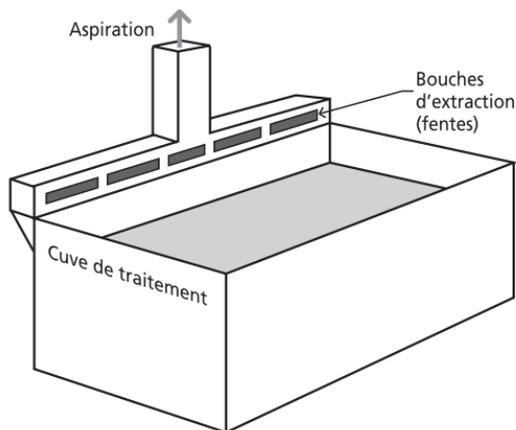


Figure 9.4 – Captage sur un bain de traitement de surface.

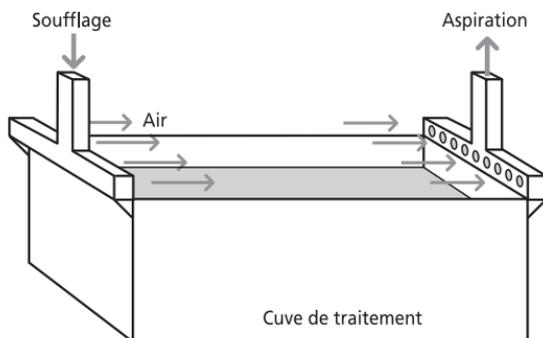


Figure 9.5 – Système *push-pull* (aspiration-soufflage).

9.2.5 Dégraissage des métaux

Les pièces métalliques sont, après usinage, recouvertes d'un film d'huile qu'il faut éliminer ; c'est l'opération de dégraissage-nettoyage au moyen de solvants ou de lessives alcalines, généralement à chaud (figure 9.6).

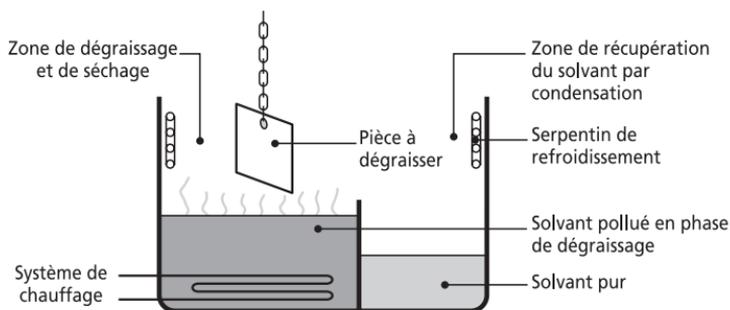


Figure 9.6 – Machine à dégraisser les métaux.

L'emploi de lessives alcalines supprime les risques d'intoxication et d'incendie-explosion dus aux solvants. Cependant ces solutions sont agressives et caustiques et toutes les mesures seront prises pour éviter le contact par projection de gouttelettes sur la peau (par écrans ou éloignement) et aspirer les brouillards et vapeurs qui se dégagent abondamment, surtout à chaud.

Les solvants les plus fréquemment utilisés sont les hydrocarbures chlorés (trichloréthylène, perchloréthylène, trichloroéthane) ; les solvants chloro-fluorés sont de moins en moins utilisés à cause de leur action destructrice sur la couche d'ozone atmosphérique. Ces solvants chlorés sont ininflammables mais toxiques. Les opérations de dégraissage se font généralement à chaud dans des machines spéciales conçues de façon à empêcher toute fuite de vapeur à l'extérieur, et munies d'aspirations et d'un système de refroidissement pour condenser les vapeurs de solvants.

Le dégraissage sans machine se fait dans de simples cuves de dimensions variables fermées par des couvercles et munies d'aspirations sur le pourtour supérieur des cuves.

Les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques combustibles (essences, white-spirit) sont également utilisés à un moindre degré. L'aspiration des cuves de dégraissage s'impose ; les ateliers seront traités de façon à supprimer la présence de sources de chaleur et d'étincelles.

Depuis quelques décennies, on trouve sur le marché des mélanges d'hydrocarbures peu volatils, utilisés surtout pour le dégraissage de petites pièces métalliques. Bien que l'aspiration de ces postes de travail ne soit pas indispensable, il est néanmoins prudent de les installer dans des locaux aérés (ventilation générale).

9.2.6 Autres opérations à risques chimiques

L'usinage mécanique des pièces métalliques utilise des huiles minérales et des émulsions d'huile dans l'eau. Au cours de l'usinage, l'huile portée à haute température se décompose partiellement avec formation de substances toxiques qui se retrouvent dans les fumées et les brouillards (HPA).

Ces derniers doivent être aspirés pour éviter le contact avec la peau et les voies respiratoires. Le port de gants et d'écrans faciaux, de vêtements de travail isole les opérateurs des projections d'huiles dégradées.

Le soudage des métaux s'accompagne de dégagement de fumées et de vapeurs nocives. Ces postes de travail nécessitent la mise en place d'une aspiration efficace à la source, couplée à un relatif confinement par obstacles matériels (écrans).

Le soudage dit à l'étain utilise des alliages contenant jusqu'à 50 % de plomb toxique. Ces opérations, fréquentes dans les industries électriques et électroniques, doivent être effectuées avec une aspiration située le plus près possible de la source d'émission des fumées.

Le soudage à l'arc dégage également des fumées riches en métaux nocifs et leurs oxydes ainsi que de la poussière fine de silice.

9.3 Bâtiments et travaux publics

L'emploi de produits chimiques spécifiques à ces activités se généralise de plus en plus dans le secteur du bâtiment et des travaux publics, donnant naissance du même coup à des risques chimiques non négligeables peu connus dans ces métiers. Il s'agit essentiellement d'intoxications accidentelles et des maladies professionnelles.

Actuellement, à côté des produits chimiques classiques comme les ciments, les plâtres, les goudrons et les bitumes qui présentent tous une certaine nocivité pour les travailleurs de ce secteur, une foule de nouvelles formulations chimiques sont utilisées pour satisfaire aux techniques nouvelles de construction, d'aménagement et de décoration.

Les mortiers au ciment sont à l'origine d'une maladie professionnelle (tableau n° 8).

Les huiles de coffrages sont à l'origine d'irritations et d'agressions cutanées. Le port de gants s'impose ; les personnes allergiques à ces huiles doivent être éloignées de ces postes.

Le nettoyage des façades d'immeubles utilise des mélanges à base d'acide fluorhydrique particulièrement toxique. Les personnes amenées à pulvériser ou étaler ces produits sur les surfaces doivent être très efficacement protégées contre tout contact cutané ou aspiration des vapeurs, et des projections liquides. Des appareils isolants étanches avec renouvellement d'air sont nécessaires pour effectuer ces opérations en toute sécurité.

Les goudrons et les bitumes utilisés pour le revêtement des routes contiennent des HPA dont certains sont très toxiques ; lors de leur application à chaud, les fumées dégagées peuvent contenir ces produits.

La pose des revêtements intérieurs (moquettes au sol, revêtements aux murs, peintures) nécessite l'emploi de peintures, de colles et de mastics à base de solvants volatils. Lors de la pose, une quantité importante de vapeurs de solvants pollue l'atmosphère des locaux. Les risques d'intoxication et

d'incendie-explosion sont d'autant plus importants que ces opérations sont effectuées dans des pièces fermées sans renouvellement d'air. La ventilation de ces locaux, qu'elle soit naturelle ou mécanique forcée, s'impose.

La chasse à l'amiante (flocage pour isolation thermique) et aux vieilles peintures à base de plomb (notamment à la céruse) est rendue obligatoire par des lois et des règlements récents. En effet toutes les variétés d'amiante ainsi que les peintures au plomb sont très toxiques. Leur enlèvement obligatoire par différents procédés s'accompagne d'un dégagement important de poussières fines particulièrement dangereuses pour l'homme, car elles provoquent des cancers mortels. L'élimination des flocages à l'amiante et des anciennes peintures au plomb fait l'objet de protocoles réglementaires stricts, certes contraignants mais indispensables pour soustraire les opérateurs aux risques graves auxquels ils sont exposés.

Une bonne sensibilisation et une formation sérieuse des salariés, le port d'équipements adaptés, des installations efficaces, et un bon nettoyage des lieux après les opérations d'enlèvement permettent aux opérateurs et aux personnes amenées à occuper ces locaux, des conditions d'hygiène et de sécurité suffisantes.

En ce qui concerne l'amiante, le décret 96-97 du 7 février 1996, modifié, émanant du ministère de la Santé, concerne la protection de la santé des résidents et des travailleurs dans les immeubles bâtis comportant des flocages, des calorifugeages et des faux-plafonds, contenant de l'amiante. Ce décret oblige les propriétaires à vérifier la présence d'amiante et à opérer leur retrait éventuel et les contrôles. Ces opérations doivent être effectuées par des entreprises qualifiées.

Le décret 96-98 du 7 février 1996 modifié concerne la protection des travailleurs contre les risques liés à l'inhalation de poussières d'amiante lors de la fabrication et la transformation des matériaux contenant de l'amiante, du retrait ou du confinement des revêtements de matériaux contenant l'amiante (flocage, isolation thermique).

L'arrêté du 14 mai 1996, précise que les opérations de retrait des matériaux amiantés seront effectuées par des entreprises spécialisées, selon des règles techniques bien définies. Ces mesures concernent la préparation des chantiers, la protection collective, le confinement de la zone de travail mise en dépression, les EPI, les contrôles effectués en cours de retrait, les conditions de restitution des locaux désamiantés et nettoyés en fin de travaux, l'évacuation des déchets amiantés.

Plusieurs brochures et documents récents explicitent les conditions pratiques des opérations de retrait.

Les anciennes peintures à base de céruse et autres pigments plombés sont à l'origine de maladies dont les plus importantes sont le saturnisme infantile (les enfants ont tendance à manger les écailles de peintures anciennes à base de céruse à goût sucré) et le saturnisme professionnel (tableau de maladies professionnelles n° 1).

Des textes récents (loi du 29 juillet 1998, décrets du 6 mai 1999 et du 9 juin 1999 et plusieurs arrêtés issus du Code de la santé publique) donnent aux préfets le pouvoir de demander aux propriétaires d'immeubles de faire des diagnostics (recherche de plomb dans la peinture) suivis si nécessaire de travaux d'enlèvement jusqu'à obtention de concentrations en plomb inférieures aux limites fixées. Les décrets très récents issus du Code du travail définissent les conditions d'hygiène et de sécurité imposées pour les travaux de retrait de ces peintures.

Signalons que les activités de bâtiment et de génie civil ne présentent pas de risques d'accidents majeurs, même si certains accidents peuvent avoir des conséquences graves et causer plusieurs victimes.

9.4 Autres activités

Les risques chimiques sont également présents dans de nombreuses autres activités, industrielles ou non. Il serait fastidieux de les traiter toutes ; quelques-unes seulement seront évoquées ci-après.

9.4.1 Activités d'impression sur support (édition, presse, textile)

Les nombreuses techniques d'impression sur supports celluloseux (papiers, cartons, fibres naturelles) ou synthétiques (matières et films plastiques, fibres synthétiques) utilisent des encres et des diluants variés à l'origine de risques permanents d'intoxication chronique et d'incendie-explosion. La plupart des solvants utilisés sont nocifs soit par les vapeurs émises en cours d'impression, soit encore par contact cutané.

Les postes de nettoyage aux solvants (cylindres en creux, blanchets en offset, écrans en sérigraphie) utilisent du white-spirit et des essences type F et G qui sont particulièrement polluants. La meilleure solution de prévention reste encore l'aspiration des vapeurs de solvants émises et leur rejet à l'extérieur après épuration. Le port de gants est également conseillé car certaines encres contiennent des produits lourds peu volatils ; c'est notamment le cas de

nombreuses encres et diluants sérigraphiques qui contiennent des produits toxiques comme les éthers de glycol, l'isophorone, la cyclohexanone.

Pour l'impression typographique, l'emploi d'encres et de solvants de nettoyage nécessite la ventilation générale des ateliers où sont installées les presses.

Pour les machines à imprimer offset (à feuilles ou rotatives), le risque essentiel est d'origine mécanique. Les risques chimiques dus aux solvants sont relativement faibles et les locaux d'impression seront équipés d'une ventilation générale.

L'intoxication par les vapeurs de solvants en héliogravure reste importante par suite de l'emploi d'encres fluides, riches en solvants volatils. L'aspiration des vapeurs émises s'impose à la source (hotte au-dessus des machines), ainsi que la suppression des étincelles et des flammes.

L'impression sérigraphique représente relativement peu de risques mécaniques par rapport aux précédents ; par contre les risques chimiques dus aux encres, aux diluants et aux solvants de nettoyage sont nombreux et conduisent à des pathologies professionnelles et à des incendies-explosions. Tous ces locaux nécessitent une bonne aération générale ; certaines machines d'impression et les postes de nettoyage des écrans doivent être équipés d'installations de captage à la source.

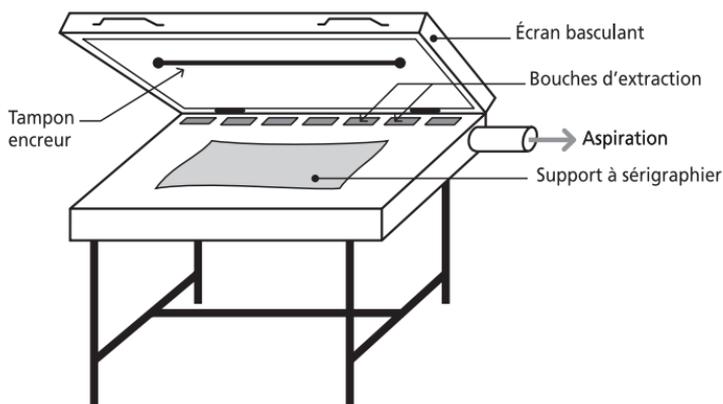


Figure 9.7 – Aspiration sur une machine à sérigraphie.

L'impression sérigraphique des petits supports peut être effectuée sur des tables aspirantes (figure 9.7).

D'une façon générale, les encres et diluants utilisés pour l'impression sur supports synthétiques sont nettement plus dangereux que ceux utilisés pour l'impression sur supports cellulosiques.

9.4.2 Activités du textile

L'emploi de nombreux produits chimiques est très fréquent dans les diverses phases de la fabrication et de l'utilisation des produits textiles. Les différentes opérations au niveau des fibres naturelles ou synthétiques (dégraissage, blanchiment), du filage et du tissage, de la teinture et de l'impression sur tissu, le nettoyage à sec (pressing) ou humide (blanchisserie) utilisent une foule de produits chimiques variés dont plusieurs sont nocifs et agressifs.

Le nettoyage et le dégraissage sont effectués soit au moyen de solvants chlorés (perchloréthylène), soit avec des lessives alcalines ou eau de Javel. La teinture fait appel à des colorants et d'autres adjuvants dont certains sont toxiques.

Dans tous les cas, l'aspiration énergétique des vapeurs et gaz émis aux différents postes de travail s'impose. De même le port de gants, lunettes, vêtements de travail et bottes est vivement conseillé.

9.4.3 Industrie des cuirs et peaux

Les activités de tannerie, de mégisserie et pelleterie sont également polluantes car elles font appel à de nombreux produits dangereux pour la santé.

Le tannage au chrome utilise des bichromates (tableaux n° 10, 10bis et 10ter) et des hyposulfites ; ces derniers dégagent de l'anhydride sulfureux agressif. Les autres techniques de tannage emploient des aluns, du formol et des tannins synthétiques plus ou moins nocifs. D'autres opérations font appel à la chaux vive, à des lessives alcalines et à des huiles.

Toutes ces activités nécessitent des locaux aérés (ventilation générale naturelle ou mécanique) et le port d'équipements de protection individuelle.

9.4.4 Industries alimentaires

Bien que ces activités utilisent relativement peu de produits dangereux, il existe des risques chimiques au niveau de certaines opérations.

Pendant les fermentations, le fort dégagement de gaz carbonique est susceptible de conduire à des atmosphères appauvries en oxygène d'où des risques d'anoxie, surtout dans des locaux fermés.

Le nettoyage des ateliers de fabrication de produits alimentaires (fromageries, boucheries charcuteries) au moyen de lessives alcalines caustiques présente également des risques pour les travailleurs.

L'aération générale de ces ateliers et le port d'équipements de protection individuelle sont conseillés.

9.4.5 Industrie des corps gras

Cette activité comprend essentiellement l'extraction, le traitement et la modification des huiles et matières grasses d'origine animale ou végétale ainsi que la fabrication des savons gras. L'industrie des détergents modernes relève des industries chimiques.

Cette industrie fait appel également à de nombreux produits dont plusieurs sont agressifs comme la soude caustique, la chaux vive, et certains solvants. D'autres produits et adjuvants comme les siccatifs à base de plomb et les résines qui entrent dans la fabrication des huiles siccatives pour les peintures sont également dangereux à manipuler sans précaution.

Suivant la nature des opérations et des produits utilisés, l'aspiration des postes de travail et le port d'équipements de protection individuelle peuvent s'avérer nécessaires.

9.4.6 Activités de bureau

Bien que, dans les bureaux, on utilise relativement peu de produits apparemment dangereux, quelques-uns peuvent néanmoins présenter une certaine nocivité pour les utilisateurs, d'autant plus que certaines opérations sont faites fréquemment.

Ainsi l'emploi de colles modernes et notamment celles qui sont sous forme aérosol, certaines encres utilisées pour des petites machines d'impression de bureau, certaines imprimantes anciennes présentent des risques d'autant plus qu'ils sont utilisés dans des locaux petits et sans renouvellement d'air. De nombreux produits de nettoyage utilisés dans les bureaux sont à base de solvants, voire même de lessives alcalines. L'emploi de markers riches en solvants volatils est aussi une source d'intoxication (maux de tête) et d'incendie-explosion.

Étant donné que le personnel travaillant dans les bureaux n'a pas l'habitude de ces produits agressifs, il semble qu'il soit plus sensible à ces produits nocifs même présents en faibles quantités.

L'aération générale de tels bureaux, notamment ceux où les opérations citées ci-dessus sont fréquentes, s'impose dans tous les cas.

9.4.7 Nettoyage et entretien des sanitaires

Ces opérations très fréquentes concernent l'ensemble des activités économiques. L'efficacité du nettoyage se traduit par l'utilisation de produits agressifs voire même toxiques. Parmi ces produits, il y a lieu de citer les détartrants qui sont à base d'acides minéraux forts et les désinfectants qui sont généralement des dérivés chlorés comme l'eau de Javel ou l'hypochlorite. Indépendamment de la toxicité propre de ces deux familles de produits, leur mélange forme des réactions dangereuses avec formation d'oxydes de chlore volatils et toxiques qui conduisent à des œdèmes pulmonaires irréversibles. Très souvent, les personnes chargées du nettoyage des sanitaires utilisent d'abord le détartrant pour nettoyer, puis rajoutent le désinfectant incompatible avec le premier produit. Plusieurs accidents graves se sont déjà produits. De tels mélanges ne doivent jamais être effectués à moins de rincer abondamment les sanitaires entre les deux opérations.

9.4.8 Laboratoires industriels

La grande diversité de substances et de préparations dangereuses manipulées dans les nombreuses opérations effectuées dans les laboratoires industriels fait que les risques ne sont pas aussi faibles qu'ils peuvent sembler compte tenu des petites quantités mises en œuvre. Des acides et des bases, des solvants, des gaz dangereux, des substances minérales et organiques toxiques sont utilisés fréquemment tant au niveau des analyses et contrôles que dans les synthèses chimiques. Certaines analyses physico-chimiques font appel à des solvants très toxiques comme le benzène et le tétrachlorure de carbone. Les opérations de distillations, d'extraction et de purification font appel à des solvants chauds qui émettent souvent des vapeurs inflammables. De nombreux matériaux et équipements et notamment ceux qui fonctionnent à chaud (fours, étuves, chauffe-ballons, etc.) contiennent de l'amiante très dangereux. Les thermomètres et baromètres contenant du mercure peuvent, en cas de brisure, répandre au sol ce métal liquide qui émet des vapeurs toxiques, même à la température ambiante.

Pour toutes ces raisons, il faut veiller à ce que les conditions d'hygiène et de sécurité soient toujours respectées dans les laboratoires.

Il y a lieu d'installer :

- un ventilateur général pour chaque laboratoire afin d'évacuer, au fur et à mesure de leur dégagement, les polluants et d'éviter que ces derniers atteignent au bout d'un certain temps des concentrations dangereuses dans l'atmosphère ;
- des hottes avec aspiration et façade fermée pour les opérations dangereuses, notamment les manipulations de produits toxiques ou inflammables et les réactions chimiques dangereuses. Les hottes à recyclage sont déconseillées, en raison de la présence possible de nombreux produits particulièrement toxiques qui émettent des vapeurs dans l'atmosphère.

Il y a lieu également :

- de supprimer l'emploi d'amiante comme isolant thermique ;
- de disposer de poubelles fermées pour les déchets solides et des récipients fermés pour les liquides. Les déchets dangereux seront ramassés et évacués par des organismes spécialisés ;
- de disposer dans chaque laboratoire d'au moins un extincteur approprié ;
- d'entretenir régulièrement le matériel et les installations et veiller à leur bon fonctionnement ;
- de réduire au minimum la présence de mercure en remplaçant les appareils à mercure par des appareils électroniques (thermomètres, relais électriques).

9.4.9 Risques chimiques de la vie courante

De nombreux produits chimiques dangereux sont utilisés couramment à la maison tant au niveau des activités ménagères quotidiennes, avec ou sans machines, que lors des travaux de bricolage en plein développement. La méconnaissance des produits et de leurs risques est à l'origine d'accidents plus ou moins graves, les précautions d'usage n'étant pas toujours prises.

Souvent les produits ménagers ou de bricolage sont les mêmes que ceux utilisés ou rencontrés dans l'industrie (eau de Javel, produits de nettoyage, peintures et vernis, décapants, etc.), sauf qu'ils sont quelquefois dilués (si c'est avec un solvant autre que l'eau, le produit est tout aussi dangereux que celui utilisé dans les entreprises) et employés en petites quantités. Mais d'une façon générale, il n'existe pas dans les maisons d'habitation des installations de prévention comme on en trouve dans les entreprises et les équipements de protection individuelle sont rarement utilisés. Les systèmes de ventilation

éventuellement existants ne sont pas adaptés aux produits dangereux utilisés. Les accidents qui en résultent sont nombreux et variés, quelquefois graves et n'épargnent pas les enfants.

Les principales situations dangereuses et les précautions à prendre sont les suivantes.

■ Activités ménagères

Elles font appel à de nombreux produits chimiques dont certains sont dangereux tels que les détergents, les détartrants acides, l'eau de Javel ou produits similaires, les solvants et diluants, les détachants, etc. Tous ces produits sont nocifs et agressifs. Les précautions à prendre sont les suivantes.

- Les transvasements seront effectués dans un local aéré : les personnes seront équipées de lunettes de protection et de gants en matières synthétiques.
- Il y a lieu de lire attentivement le mode d'emploi et les précautions d'usage à prendre.
- En cas d'utilisation de solvants inflammables (essences, white-spirit, essences de térébenthine, détachants) ou de bombes aérosols (colles, cires à bois), éviter la proximité de flammes ou d'objets chauds (cigarettes).
- Éviter d'utiliser simultanément, pour les cuvettes de WC ou autres sanitaires, un détartrant acide puis de l'eau de Javel, afin d'éviter le dégagement de gaz suffocant.
- Conserver les récipients contenant ces produits dans une armoire fermée et au frais, loin de toute source de chaleur.
- Se laver les mains après utilisation de ces produits.
- En cas de projection sur la peau ou dans les yeux, laver abondamment à l'eau et le plus vite possible, les parties atteintes. Éviter d'utiliser les produits spéciaux ; le simple lavage immédiat et prolongé suffit.
- En cas d'accident, alerter le centre antipoison ou les sapeurs-pompiers, ceci est conseillé en cas d'absorption accidentelle de produits agressifs (eau de Javel, détartrants, acides, ammoniac, solvants).

■ Travaux de peintures et vernis

Les produits utilisés sont les peintures, vernis, solvants et diluants, les décapants pour enlever les peintures anciennes, les mastics, les produits de bouchages, etc. Dans leur grande majorité, ces produits présentent des risques d'intoxication et d'incendie-explosion.

- Effectuer toutes ces opérations dans des endroits aérés, sinon utiliser un ventilateur ou un aspirateur ménager avec rejet vers l'extérieur.
- Il est conseillé de porter des lunettes et des gants pour les opérations de transvasements, de mélanges et de dilutions.
- Le décapage de peintures anciennes fait appel à l'emploi de produits particulièrement agressifs, contenant des phénols. Il y a lieu de prendre toutes les précautions pour éviter le contact cutané et l'inhalation des vapeurs dégagées.
- Nettoyer les brosses, pinceaux et récipients à l'air libre et les conserver dans de l'eau. Stocker les pots de peinture et de solvants au frais, dans des locaux fermés non accessibles aux enfants.
- Éviter l'emploi de vieilles peintures à base de plomb.

■ Travaux de maçonnerie

Les différents mortiers et adjuvants sont des produits agressifs qui attaquent la peau.

- Pour tous les travaux de maçonnerie, porter des gants et des lunettes.
- Après chaque opération, se laver les mains et s'enduire d'une crème grasse.

■ Travaux de jardinage

Ils nécessitent l'emploi de différents produits chimiques comme les pesticides et les engrais dont certains présentent des risques.

Toutes les opérations de mélange, de dissolution et de pulvérisation doivent être effectuées à l'air libre et jamais dans des locaux fermés.

Le port de lunettes, de masques respiratoires et de gants est conseillé.

Bien évidemment à côté de ces risques chimiques, il existe d'autres risques domestiques comme ceux d'origine mécanique, électrique, biologique, physique, etc.

10 • LES RISQUES CHIMIQUES DANS L'ENVIRONNEMENT

Les produits chimiques rejetés par les différentes activités industrielles forment la principale source de pollution de l'environnement, que ce soit celle de l'air, de l'eau ou du sol.

Certes, d'autres sources de pollution existent comme par exemple le chauffage des bâtiments (anhydride sulfureux), la circulation automobile (oxydes d'azote, ozone, plomb), les déchets ménagers, mais les rejets chimiques industriels, gazeux, liquides ou solides, forment l'essentiel de la pollution de la nature et affectent tant la faune que la flore.

Il existe deux types de pollution.

La *pollution due au fonctionnement normal et quotidien des industries* qui rejettent d'importantes quantités de substances comprend :

- les rejets de déchets et de sous-produits. Toute activité industrielle produit des déchets constitués de mélanges non utilisables et difficilement recyclables pour des raisons techniques ou économiques (solvants contenant des graisses, huiles de coupe usagées contenant des HPA, fumées contenant des poussières qui s'échappent des cheminées) ; ces déchets sont rejetés dans la nature ou traités de différentes façons. De nombreuses fabrications induisent des sous-produits sans grand intérêt, car sans débouchés. Il y a lieu également de signaler les fabrications ratées, les produits finis ne respectant pas les critères fixés ; ils sont soit recyclés peu à peu, soit rejetés dans la nature. La plupart de ces rejets sont écotoxiques ;
- les déchets dus aux mesures de prévention. Les mesures de prévention des risques chimiques, dont essentiellement l'extraction des polluants des ateliers, sont à l'origine de rejets de produits dangereux dans la nature. C'est le cas des rejets dans l'atmosphère, de l'air pollué des locaux de

travail, des eaux usées dans les égouts ou directement dans les rivières, des boues et autres résidus provenant des épurateurs. Ces déchets présentent également un caractère écotoxique.

La *pollution accidentelle*, malheureusement assez fréquente, induit des rejets de quantités importantes de polluants, même si leur impact reste limité à une région. Ces pollutions, accompagnées souvent d'explosions, sont appelées accidents industriels majeurs, d'autant plus dangereux qu'ils se produisent à proximité des zones d'habitation. Certains de ces accidents ont fait un nombre considérable de victimes (Bhopal, Seveso, Toulouse).

La prévention de ces accidents majeurs a fait l'objet de nombreuses études qui ont abouti à des directives nationales et internationales.

La pollution ainsi générée déséquilibre l'écosystème ; un dysfonctionnement apparaît au niveau de la flore et de la faune, suivie de la disparition ou de la dégénérescence d'un certain nombre d'organismes vivants, végétaux et animaux et bien évidemment les êtres humains.

La quasi-totalité des substances dangereuses pour l'homme le sont aussi pour la faune et la flore à des degrés divers. En général, la nature s'adapte plus ou moins bien à un certain nombre de polluants existant déjà dans la nature ; par contre elle se trouve mal armée pour résister à une foule de produits chimiques synthétiques qui, rejetés en grande quantité, s'accumulent dans l'air, l'eau et le sol et tuent à la longue, toute forme de vie.

Les risques chimiques professionnels auxquels sont exposés les travailleurs de l'industrie existent également dans la nature pour les animaux et les végétaux. La prévention des risques chimiques professionnels procède assez fréquemment par le rejet des substances et préparations dangereuses présentes dans les ateliers, dans la nature : l'air (ventilation des ateliers et des postes de travail), l'eau (rejet dans les égouts des déchets et des produits inutilisés) et le sol (évacuation des déchets dangereux, sous-produits des fabrications). Ceci revient à dire tout simplement que la plupart des techniques de prévention des risques chimiques s'accompagnent de la pollution de l'environnement. Ceci n'est pas faux, mais de nombreuses solutions ont été étudiées et mises en œuvre pour concilier prévention industrielle et pollution de la nature.

Ce problème de l'antagonisme apparent entre prévention des risques chimiques professionnels et pollution chimique de l'environnement n'a échappé ni aux industriels, ni aux préventeurs, ni même à ceux qui combattent la pollution de l'environnement.

Ce chapitre s'attache essentiellement à étudier ces solutions techniques, après avoir passé en revue les différents types de pollution industrielle de l'air, de l'eau et du sol.

10.1 Pollution de l'environnement

10.1.1 Pollution chimique de l'air

De nombreuses industries rejettent dans l'atmosphère, des produits chimiques divers et variés, soit des déchets et des sous-produits gazeux qui accompagnent la fabrication des produits et des biens de consommation, soit des produits fabriqués ou des matières premières qui s'échappent des appareils et des machines lors des processus de fabrication, soit encore par les installations d'hygiène et de sécurité et notamment l'extraction des polluants des ateliers et le rejet à l'extérieur.

Les principales industries polluant l'air et les principaux produits rejetés par ces activités sont :

- extraction minière et carrières : poussières minérales diverses, charbon ;
- métallurgie : poussières minérales (oxydes, silice), oxyde de carbone, gaz carbonique, anhydride sulfureux ;
- cimenteries : poussières de ciment, silice, chaux ;
- centrales thermiques : poussières de charbon, oxyde de carbone, gaz carbonique, anhydride sulfureux ;
- incinérations des déchets urbains (TIRU) : poussières diverses, oxyde de carbone, gaz carbonique, anhydride sulfureux, acide chlorhydrique ;
- pétrochimie : hydrocarbures, oxyde de carbone et gaz carbonique ;
- fabrication des engrais : poussières minérales, oxydes d'azote, ammoniac ;
- industries chimiques et parachimiques : substances gazeuses, liquides et poussières diverses.

Les principaux polluants rejetés dans l'air sont :

- la vapeur d'eau sous forme gazeuse ou vésicules liquides, principal produit rejeté. Les fumées et brouillards blancs qui s'échappent des cheminées sont essentiellement constitués par de la vapeur d'eau qui n'est pas dangereuse en elle-même mais qui peut entraîner avec elle, de nombreuses substances nuisibles ;
- des gaz : oxyde de carbone, gaz carbonique, anhydride sulfureux, oxydes d'azote ;
- des vapeurs qui peuvent se condenser dans l'atmosphère et donner des brouillards : hydrocarbures, solvants, acides ;
- des vésicules liquides (brouillards) : acides, bases, solvants, solutions aqueuses ;
- des poussières fines (silice, chaux, ciment, charbon, amiante, engrais).

Les fumées sont composées généralement de produits gazeux, de vésicules et de poussières très fines qui peuvent rester en suspension dans l'air.

10.1.2 Pollution chimique de l'eau

Il y a deux voies principales de pollution des eaux par les produits industriels :

- les rejets directs volontaires ou accidentels de polluants dans les égouts et les canalisations d'évacuation des eaux usées industrielles ;
- les sols pollués par des liquides et des solides, puis lavés par les pluies ; les eaux qui s'infiltrent fixent les polluants du sol et s'accumulent dans la nappe phréatique ou se déversent dans les lacs ou les cours d'eau qu'elles polluent. En cas d'incendie ou de lavage des sols, l'eau polluée s'infiltrerait également dans le sol.

Compte tenu de l'importance de l'eau pour les collectivités et pour le système économique et compte tenu de sa relative rareté, la pollution de l'eau est devenue un problème extrêmement important, voire inquiétant, ce qui a conduit les pouvoirs publics à mettre en place une législation et une réglementation contraignante, mais indispensable pour préserver l'avenir du patrimoine aquatique.

Si la moitié de la pollution des eaux a pour origine les collectivités locales (villes et villages), l'autre moitié est d'origine essentiellement industrielle.

Les principales activités polluant l'eau sont :

- l'industrie métallurgique ;
- les industries agroalimentaires ;
- l'industrie chimique ;
- l'industrie papetière ;
- l'industrie textile ;
- l'industrie du cuir.

Les polluants chimiques de l'eau sont classés en deux familles :

- les produits minéraux : métaux et dérivés (chrome, plomb, cuivre, nickel, cadmium, mercure), acides, bases et sels ;
- les produits organiques qui, dans l'eau, absorbent le plus souvent l'oxygène dissous ; cette diminution de l'oxygène dans l'eau détruit toute forme de vie aquatique et seules les espèces les plus robustes et ne consommant pas d'oxygène prolifèrent (algues rouges). Parmi ces produits organiques, il y a

lieu de citer les dérivés cellulosiques, le bois, les dérivés laitiers, les corps gras, les carcasses animales, etc.

Les polluants se retrouvent dans l'eau sous deux formes : les matières en suspension et les produits dissous.

10.1.3 Pollution chimique des sols

Les sources sont multiples, mais la pollution d'origine industrielle des sols reste la plus importante.

On distingue :

- les rejets industriels liquides et solides, déposés sur le sol par suite de fuites et déversements accidentels ou non ;
- les déchets non utilisables qui forment l'essentiel de la pollution des sols. On peut les classer en :
 - déchets ménagers et urbains relativement nocifs ;
 - déchets inertes provenant des activités du bâtiment et des travaux publics ainsi que de l'exploitation des mines et carrières (pierres, graviers, sables, bétons, bois, métaux ferreux, etc.). Les déchets contenant de l'amianté et des peintures au plomb sont par contre toxiques ;
- les déchets industriels spéciaux à faible écotoxicité ;
- les déchets industriels toxiques, à base de substances minérales (métaux lourds toxiques, amianté) ou organiques (solvants, dérivés halogénés, substances cancérogènes, etc.). Ces déchets sont bien évidemment les plus dangereux sur un plan écologique.

Les polluants qui s'accumulent sur le sol sont entraînés par les pluies et se retrouvent dans les nappes phréatiques et les cours d'eau, d'où une pollution des eaux.

Indépendamment de cet aspect, les déchets déposés sur les sols dégagent des gaz et des vapeurs et polluent l'air inhalé par les organismes vivants.

10.1.4 Accidents industriels

Ces accidents sont une source de pollution non négligeable, de l'air, de l'eau et du sol, sans oublier les dégâts souvent considérables qu'ils produisent tant sur le plan matériel qu'humain.

Les principaux accidents ou incidents (pour les plus mineurs) sont :

- des déversements accidentels ou des fuites de substances toxiques liquides ou solides ;
- des fuites de produits toxiques gazeux dans l'air ;
- des explosions avec pollution de l'environnement accompagnée d'une destruction plus ou moins importante des infrastructures et des dégâts humains ;
- des incendies qui dégagent des produits gazeux polluant l'atmosphère et des substances liquides et solides polluant l'eau et le sol. L'intervention nécessaire des sapeurs-pompiers pour circonscrire le feu au moyen de jets d'eau pollue également le sol.

La plupart des accidents industriels concernent :

- l'industrie chimique, lors des réactions de synthèse à partir de substances incompatibles ou instables (réactions de nitration, réaction d'oxydation, etc.) ;
- la fabrication de produits peu stables (explosifs, produits pyrotechniques, peroxydes, nitrate d'ammonium) ;
- l'industrie pétrochimique qui manipule de grandes quantités de liquides inflammables ;
- le stockage de produits sensibles et inflammables, et notamment ceux qui sont susceptibles d'être dégradés ou modifiés par les agents atmosphériques (oxygène, humidité, rayons solaires, électricité statique, vibrations).

Les accidents industriels les plus graves sont appelés majeurs. Compte tenu de leurs conséquences désastreuses, une réglementation nationale et internationale a été mise en place sous forme de recueils de directives.

Ces directives concernent essentiellement les accidents majeurs ; les directives Seveso ont été élaborées à la suite du sinistre de la ville de Seveso en Italie (rejet accidentel de dioxines très toxiques dans l'atmosphère).

D'après ces directives, les installations à risques d'accidents industriels majeurs sont celles qui mettent en œuvre, fabriquent ou stockent des produits chimiques très dangereux tels que : l'isocyanate de méthyle, le phosgène, l'acrylonitrile, l'ammoniac, le chlore, l'anhydride sulfureux, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique, l'acide fluorhydrique, l'acide chlorhydrique, les gaz et liquides inflammables (produits pétroliers) et les explosifs.

L'exploitant doit déclarer ces installations aux pouvoirs publics et aux autorités locales, effectuer une évaluation des risques majeurs ainsi que leurs conséquences sur l'environnement et enfin établir un plan d'urgence.

10.2 Prévention et dépollution

Il y a deux possibilités pour prévenir et supprimer la pollution de l'environnement :

- intervention en amont : réduire voire supprimer les rejets des polluants dans la nature ;
- intervention en aval : dépollution de l'environnement par suppression des polluants existants.

L'administration (ministère de l'Environnement, ministère de l'Industrie, ministère de l'Intérieur) joue un rôle important dans ce domaine par le biais d'une législation et d'une réglementation de plus en plus précise et exhaustive et l'organisation du contrôle de la pollution et des effets de la dépollution.

Le principe de base qui définit la préservation de l'environnement est « pollueur-payeur », autrement dit, c'est l'entreprise qui pollue, ou qui a pollué, qui a la charge de réparer le préjudice causé. Bien que ce principe rencontre certaines difficultés lors de son application, on peut estimer que, dans l'ensemble, il est accepté et mis en pratique depuis deux décennies au moins.

10.2.1 Rôle de l'administration

La législation des établissements classés est très ancienne. C'est le décret-loi du 15 octobre 1810, qui s'applique dans un premier temps aux entreprises de la région parisienne, introduit la notion des établissements classés avec obligation de déclaration préalable, d'une enquête *comodo et incomodo* et une autorisation d'ouverture des activités accordée par la préfecture de police. Cette loi classe ces établissements en trois catégories : classes 1, 2 et 3. Les établissements de classe 1 peuvent être fermés si les nuisances produites sont très importantes.

Plusieurs autres lois ont suivi celle de 1810. La loi du 19 décembre 1917 est très importante car elle refond les établissements classés :

- les établissements des deux premières classes sont soumis à autorisation ;
- les établissements de troisième classe sont soumis à déclaration.

La loi du 20 mai 1953 est une refonte totale de toutes les lois antérieures ; elle propose une nomenclature toujours d'actualité.

La loi du 19 juillet 1976, relative aux installations classées pour la protection de l'environnement est la première loi moderne ; elle a été suivie par de

nombreux textes réglementaires dont certains sont issus des directives européennes, comme par exemple la directive Seveso.

Cette loi définit les activités polluantes et les installations classées soumises à déclaration ou autorisation. Après enquêtes publiques, puis instruction du dossier par l'inspecteur des installations classées, et avis du Conseil départemental d'hygiène, l'arrêté préfectoral accorde l'autorisation d'exploiter l'installation classée, sous certaines conditions techniques. Il existe des possibilités de recours auprès des tribunaux administratifs et civils.

Ces textes, conjugués avec un certain nombre de mesures de dépollution et de limitation des rejets toxiques, ont permis de baisser, dans de larges proportions, la pollution de l'air (anhydride sulfureux, oxydes d'azote, hydrocarbures), de l'eau (métaux lourds, hydrocarbures) et du sol (métaux lourds, amiante).

10.2.2 Suppression des polluants émis

Une nouvelle activité, l'industrie de la dépollution, met à la disposition des entreprises des moyens pour réduire les quantités de polluants rejetés dans la nature. Ces moyens sont essentiellement des installations et des équipements de dépollutions ainsi que des techniques analytiques pour mesurer et contrôler la pollution et son évolution.

■ Dépollution de l'air

Plusieurs solutions sont proposées et mises en œuvre.

La *suppression des produits toxiques* utilisés par les entreprises et leur remplacement éventuel par d'autres substances moins dangereuses est le même type de mesures que celles utilisées pour la prévention des risques chimiques et professionnels, traitées au chapitre 7, § 7.3.2.

Le *confinement de la source d'émission des polluants* dans l'entreprise est le même que celui défini au chapitre 7, § 7.3.3.

Le *captage des polluants* (gaz, vapeur, brouillards, poussière) par extraction de l'air pollué des ateliers et des postes de travail et le rejet à l'extérieur de l'usine est une technique courante pour la prévention des risques chimiques professionnels. Ce rejet direct à l'extérieur est une source importante de la pollution atmosphérique, notamment en zone industrielle. Il existe des installations et équipements, appelés épurateurs ou dépollueurs qui ont pour rôle en fixant les polluants de rejeter à l'extérieur un air épuré et débarrassé des substances écotoxiques. Le principe consiste à intercaler dans l'installation, avant le rejet dans l'atmosphère, un épurateur. Suivant la nature et l'état physique des

polluants, des épurateurs de différents types sont utilisés. Les épurateurs électrostatiques (figure 10.1) sont couramment employés dans le cas de polluants sous forme de poussières (surtout minérales). Il s'agit d'installations plutôt importantes, traitant de milliers de mètres cubes d'air par heure. Ces épurateurs sont surtout utilisés dans l'industrie lourde (métallurgie, carbochimie, fabrication de pigments et charges minérales). Les particules solides chargées électriquement sont attirées par une électrode sur laquelle elles se déposent.

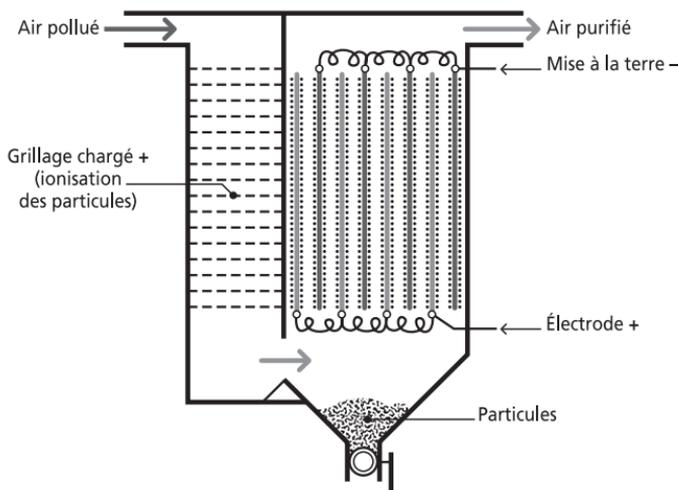


Figure 10.1 – Épurateur électrostatique (air pollué par les poussières).

Le *lavage à l'eau* (éventuellement acide ou basique) se fait avec des colonnes remplies de matériaux inertes ; l'eau arrive en pluie fine par le haut et l'air pollué de l'atelier arrive en contre-courant par le bas (figure 10.2). L'eau de lavage fixe les polluants et l'air purifié qui sort du laveur est rejeté à l'extérieur. Les polluants se retrouvent dans les eaux de lavage, ils sont séparés par filtration ou par décantation après floculation ; l'eau utilisée est soit recyclée, soit rejetée dans la nature après un traitement ultérieur éventuel. La technique du rideau d'eau qui équipe de nombreuses cabines de peinture ou de vernissage par pulvérisation est basée sur le même principe ; les gouttelettes

de peintures et de solvants traversent le rideau d'eau, sont entraînées par l'eau qui ruisselle puis récupérées sous forme de boue solide ou pâteuse.

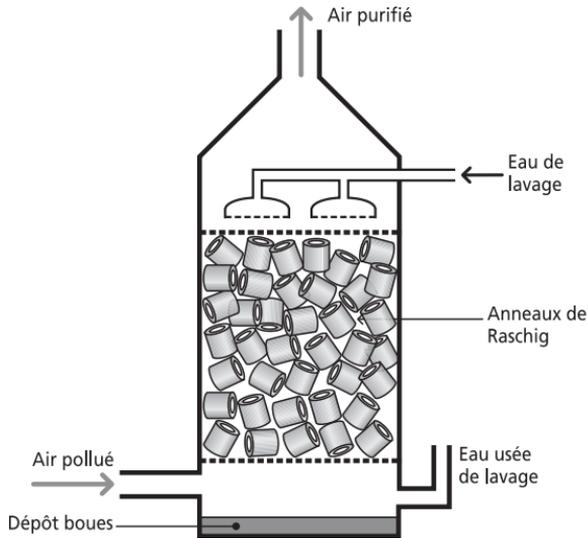


Figure 10.2 – Épurateur à eau (tour de lavage) (tous polluants).

Les *épurateurs par fixation des polluants sur du charbon actif* ou tout autre matériau adsorbant sont une technique courante, surtout utilisée dans les installations d'extraction et de ventilation de petites ou moyennes dimensions. L'air pollué traverse le milieu adsorbant qui fixe les substances dangereuses et l'air purifié est rejeté dans l'atmosphère (figure 10.3).

Cette technique, facile à mettre en place, est de dimension réduite et d'un coût peu élevé. Il y a cependant un inconvénient, le milieu adsorbant qui est généralement du charbon actif, se sature très vite en cas d'émission importante de polluants et son pouvoir adsorbant se réduit voire disparaît, d'où la nécessité de le remplacer ou de le régénérer fréquemment, ce qui est assez onéreux.

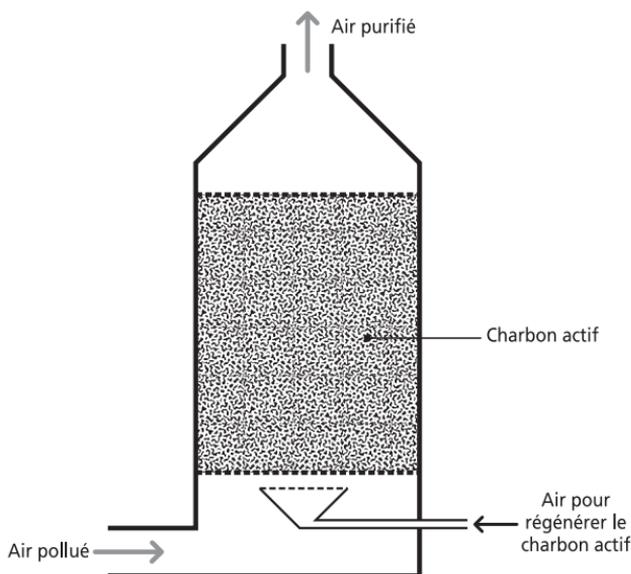


Figure 10.3 – Épurateur à charbon actif (air pollué par gaz et vapeurs).

L'épuration par filtration à travers un média se fait par un filtre, généralement constitué d'un tissu (fibre tissée) ou d'un non-tissé (feutre, papier). Ce média arrête les poussières et les vésicules, mais n'a pratiquement aucun effet sur les gaz et les vapeurs. Il existe deux types d'épurateurs filtrants :

- épurateur avec surface filtrante plane utilisé dans les cabines de peinture notamment (figure 10.4) ;
- épurateur à filtre à manches (figure 10.5) ; le média filtrant est formé d'une ou plusieurs poches ou sacs ou manches en tissu filtrant ; l'air pollué arrive à l'intérieur des sacs, les poussières se déposent sur la surface interne, l'air purifié sort des sacs. Ce système équipe différentes machines d'usinage des bois.

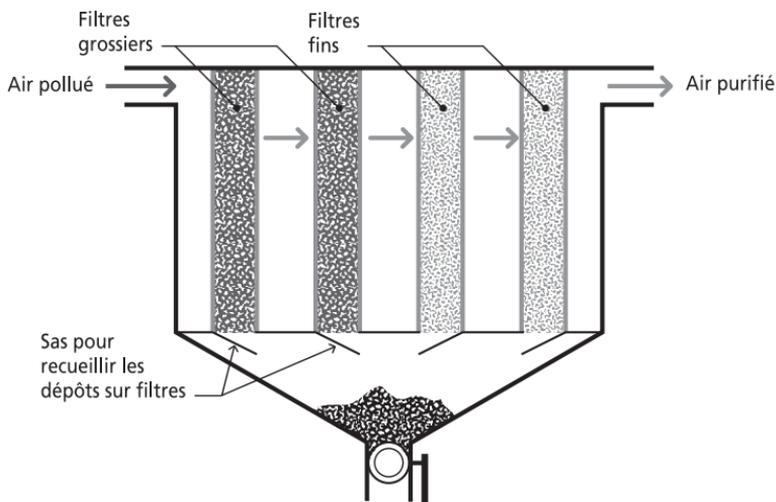


Figure 10.4 – Épurateur à filtre plan (air pollué par poussières).

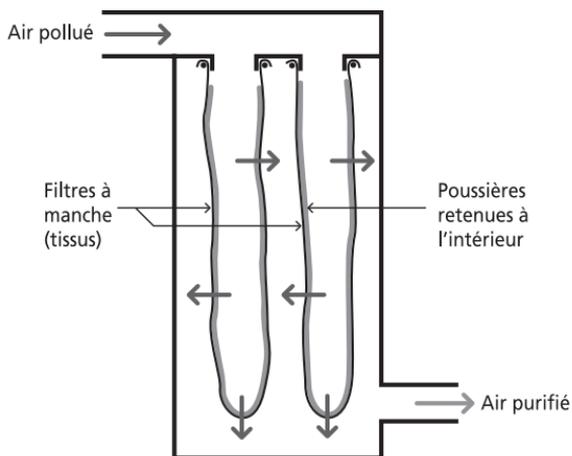


Figure 10.5 – Épurateur à filtres à manches (air pollué par poussières).

L'épurateur à *filtre absolu* emploie un média filtrant dont la texture très serrée arrête plus de 99 % des poussières, y compris les plus fines (figure 10.6). Il est utilisé pour les produits très toxiques (amiante, métaux toxiques, poussières cancérogènes).

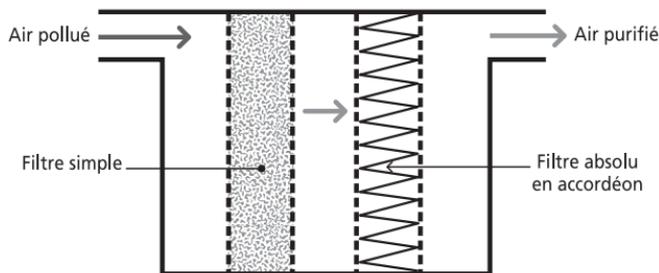


Figure 10.6 – Épurateur à filtre absolu (air pollué par aérosols).

Dans l'épuration *par centrifugation*, l'air pollué est envoyé à grande vitesse dans un cyclone, les poussières se fixent sur les parois coniques et l'air purifié sort latéralement (figure 10.7).

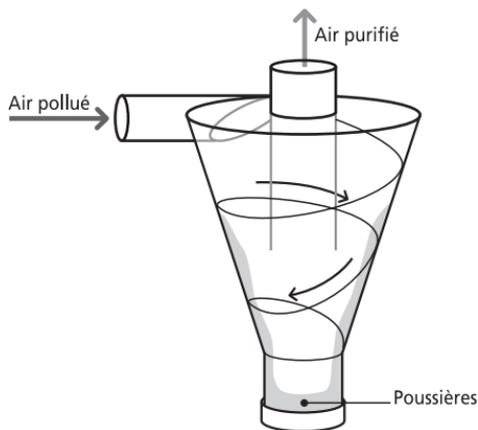


Figure 10.7 – Épurateur à centrifugation (cyclone) (air pollué par poussières).

Dans tous ces épurateurs, les polluants sont récupérés sous forme de boues ou de poussières agglomérées qui sont traitées ultérieurement comme déchets solides.

L'*épuration par incinération* au moyen d'une torçhère convient aux polluants organiques combustibles (figure 10.8).

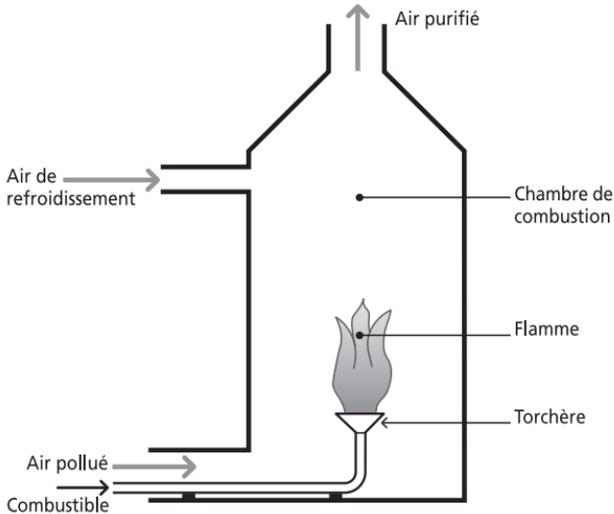


Figure 10.8 – Épurateur à incinération (tous polluants).

Une variante est la *combustion catalytique* : l'air pollué préchauffé, traverse un média catalytique (alumine, platine), la combustion se fait à basse température, vers 500-600 °C, sans flammes (figure 10.9).

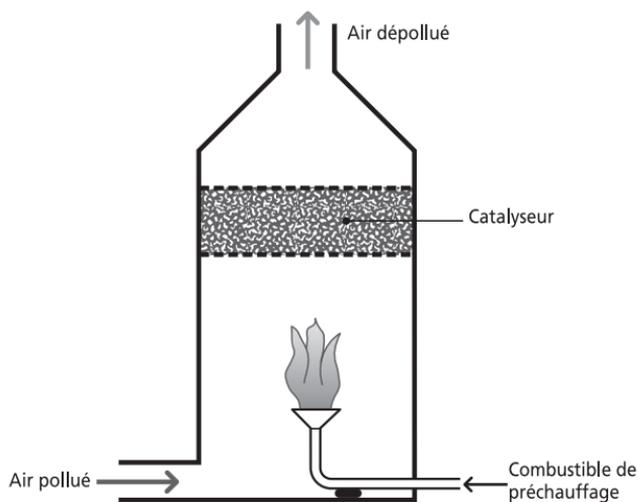


Figure 10.9 – Épurateur à combustion catalytique (air pollué par gaz et vapeurs).

■ Dépollution de l'eau

Les pouvoirs publics s'intéressent particulièrement à la dépollution de l'eau, compte tenu de l'importance et de l'urgence du problème. Une réglementation très élaborée et une organisation multiple (Police des eaux, Agence des Bassins, Conseil supérieur des installations classées) veille en permanence sur la qualité des eaux, sur l'efficacité des installations de dépollution des eaux usées et applique le principe « pollueur-payeur ».

Les eaux usées rejetées par les activités industrielles sont chargées de substances nocives pour l'environnement ; certaines mêmes sont carrément toxiques comme le chrome, le cadmium, le plomb, le mercure et leurs dérivés, les cyanures. Ces eaux doivent être traitées avant leur rejet dans les égouts ou dans la nature au moyen de stations d'épuration ou de détoxification. Dans ces installations, intégrées le plus souvent aux usines, les substances toxiques sont transformées dans un premier temps en produits peu ou pas dangereux puis, en jouant sur le pH du milieu, elles sont précipitées et floculées. Par décantation ou filtration (au moyen de filtres-presses), les impuretés sont

séparées sous forme de boues et l'eau purifiée peut être rejetée à l'extérieur. Les boues sont traitées à leur tour comme des déchets solides.

La figure 10.10 montre une station d'épuration des eaux usées d'une entreprise de traitements de surface.

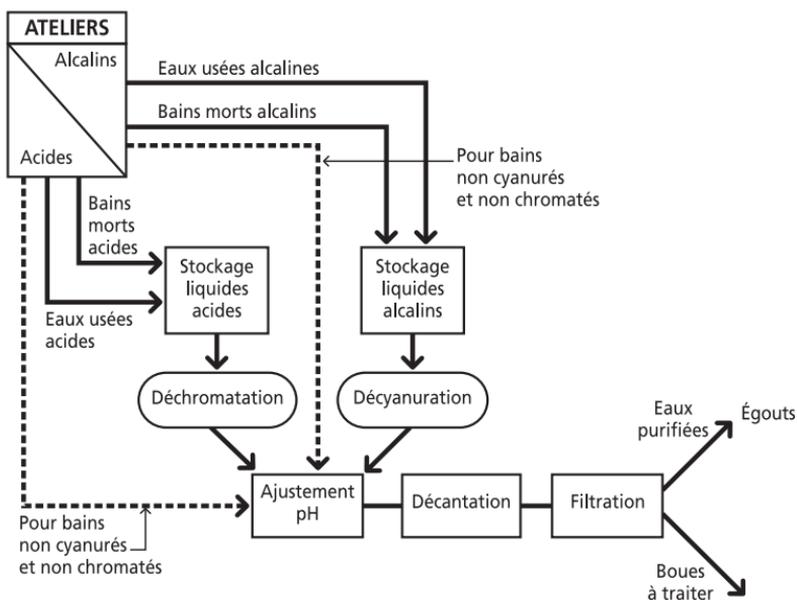


Figure 10.10 – Station d'épuration des eaux usées des ateliers de traitements de surface.

En ce qui concerne les polluants organiques biodégradables, l'emploi de micro-organismes spécialisés transforme les polluants ; une floculation suivie d'une filtration permet de purifier les eaux usées avant leur rejet dans la nature.

Les produits organiques non biodégradables, en suspension ou dissous dans les eaux usées, sont précipités, floculés et filtrés et se retrouvent dans les boues.

■ Dépollution des sols et l'élimination des déchets solides

Généralement, la dépollution de l'air et de l'eau conduit à la formation de déchets sous forme de boues ou qui se déposent sur le sol.

Le traitement des déchets solides et des sols pollués se fait suivant trois techniques qui sont utilisées actuellement en fonction de la nature des polluants.

Incinération des polluants

Cette technique est surtout utilisée pour détruire les déchets solides, liquides, ou pâteux dans des incinérateurs ; portés à des températures de plus de 1 000 °C au moyen de torchères, les polluants sont détruits ou transformés en produits gazeux et poussières inertes ou peu nocives. Ainsi les fibres d'amiante cancérogènes sont transformées à ces températures en silicoaluminates inertes non toxiques. Les dérivés chlorés sont transformés en acide chlorhydrique ou en chlore qui peuvent être bloqués avant rejet des fumées dans l'air.

Malgré son coût relativement élevé, cette technique se développe rapidement.

Stockage des déchets polluants dans des décharges industrielles contrôlées

Suivant la nature, la toxicité et la composition des déchets, ces derniers sont stockés dans des décharges de différentes catégories :

- les déchets polluants très toxiques en classe 1, suivis d'une stabilisation ou de vitrification ;
- les déchets polluants nocifs en classe 2 ;
- les déchets inertes ou très peu dangereux en classe 3.

Une analyse rapide des déchets permet de connaître la classe de stockage correspondante.

Transformation biologique des déchets polluants

Elle concerne les produits biodégradables comme les hydrocarbures, certaines matières plastiques, les produits d'origine animale (graisse, protéines) ou végétale.

Les sols fortement pollués peuvent être traités sur place au moyen de micro-organismes cultivés qui agissent lentement. Au bout de plusieurs mois, les polluants sont transformés en substances peu ou non écotoxiques et peuvent alors être dirigés dans des décharges de classe 3 ou encore laissés sur place.

10.2.3 Prévention des accidents industriels majeurs

La prévention de tels accidents n'est pas une nouveauté car elle reste comparable sur le plan technique à celle mise en place habituellement dans les entreprises. Cette prévention des accidents industriels majeurs diffère essentiellement par le renforcement des contrôles administratifs et techniques, par la qualité des installations, la sévérité de certaines mesures à réaliser, les conditions d'autorisation plus sévères.

Les principales mesures sont :

- l'éloignement des habitations de ces entreprises de fabrication et de stockage de produits très dangereux ;
- la limitation des quantités de produits mis en œuvre ;
- la mise en place d'installations et d'équipements particulièrement soignés, sûreté dans la conception et le fonctionnement ;
- la mise en place d'une infrastructure bien définie ;
- l'inspection périodique des installations ;
- la rédaction de rapports de sécurité et d'enquêtes ;
- l'élaboration d'un plan d'urgence ;
- l'étude des dangers.

10.2.4 Transport des matières dangereuses

Que ce soit par chemin de fer, par la route, par voie d'eau (maritime ou fluviale) ou par air, le transport des matières dangereuses, toxiques ou inflammables a toujours présenté des risques importants, notamment au niveau de l'environnement.

Il s'agit soit des accidents (accidents de la route ou ferroviaires, naufrages des navires), soit des sinistres provoqués par négligence ou par un acte volontaire (dégazage des navires). Dans tous les cas, les risques restent importants et les conséquences graves, surtout lorsque ces accidents se produisent en milieu urbain.

Une importante réglementation a été mise en place pour le transport des produits dangereux avec des mesures spécifiques pour chacune de ces voies et en fonction des familles de matières dangereuses.

Cette réglementation prévoit :

- des autorisations pour le transport des matières dangereuses, quelle que soit la voie utilisée ;
- l'étiquetage réglementaire des emballages et des réservoirs contenant ces produits. Les étiquettes sont assez proches de celles issues du Code du

travail mais présentent quelques différences tant au niveau du pictogramme que sur les principes ; pour le transport c'est l'emballage extérieur qui doit être étiqueté, alors que dans la législation du travail, c'est le récipient qui contient le produit qui est étiqueté. Il en résulte que très souvent les produits chimiques dangereux comportent les deux étiquettes ;

- la traversée de certaines villes à certaines heures est interdite pour raisons de sécurité ;
- les citernes et les réservoirs divers contenant les produits dangereux doivent être conçus et fabriqués selon des normes précises et présenter une certaine résistance mécanique et un double cuvelage pour éviter les fuites et les déversements de produits dans la nature ;
- il en est de même pour les emballages contenant ces produits (l'emploi de récipients et de tonnelets en matières plastiques spéciales, plus souples et moins cassants, se généralise) ;
- pour le transport des substances inflammables, des règles strictes sont imposées pour éviter les feux et les explosions ou encore pour réduire l'ampleur des sinistres éventuels ;
- tous les récipients et réservoirs doivent être bien amarrés, arrimés et bâchés.

CONCLUSION

Cet ouvrage a pour mission d'informer au maximum le lecteur sur les différents aspects théoriques et pratiques des risques chimiques industriels, professionnels et de la vie courante. L'approche théorique des phénomènes et processus qui aboutissent aux accidents et pathologies, la législation et la réglementation mises en place tant au niveau national qu'europpéen et international, les mesures de prévention indispensables pour assurer la sécurité et la préservation de la nature ont été exposées tout au long des dix chapitres du livre.

La place des risques chimiques parmi les autres risques électriques, physiques, mécaniques a été précisée. Certes elle peut apparaître peu importante compte tenu des statistiques, mais en réalité les risques chimiques sont à l'origine de nombreux accidents, maladies professionnelles et catastrophes industrielles.

Les différents aspects des risques chimiques ont été passés en revue avec quelques détails et emprunts fréquents à la réalité pratique quotidienne. La notion de risque est essentiellement d'ordre pratique et concerne la vie industrielle tout entière.

La prévention des risques chimiques industriels a été traitée tant sur le plan réglementaire que sur le plan technique car, là aussi, c'est une préoccupation quotidienne de tous les travailleurs de l'industrie quelle que soit leur responsabilité. La réglementation ne peut être dissociée de la technique dans ce domaine, car ces deux aspects s'imbriquent l'un dans l'autre pour former un tout homogène et concret.

Pour mieux comprendre l'impact des risques chimiques dans la vie économique et l'importance pratique des mesures de prévention, nous n'avons pas hésité à faire appel quelquefois à de courtes considérations théoriques suivies d'exemples concrets. Bien évidemment, le volume réduit de cet ouvrage qui se veut être une sorte de memento ne nous a pas permis de développer davantage la plupart des notions de risques et de préventions. La bibliographie jointe, faisant appel à une grande variété d'ouvrages, de monographies et de

brochures réglementaires et techniques, permet d'enrichir les informations fournies et quiconque cherche à approfondir certains points et informations contenus dans cet ouvrage trouvera dans les documents cités les informations théoriques et pratiques plus détaillées.

L'évolution de l'hygiène et de la sécurité dans les entreprises est intimement liée à celle de l'évolution technique ; l'apparition de nouvelles technologies, de nouveaux produits, se traduit par de nouvelles connaissances, de nouvelles découvertes dans le domaine des risques professionnels et les risques chimiques en particulier. Le caractère cancérigène de l'amiante n'a été mis en évidence avec certitude que vers les années 1970 ; il a fallu attendre plus d'une vingtaine d'années pour que les textes réglementaires précis soient publiés concernant l'interdiction et le retrait de ce matériau et les mesures de prévention lors de l'enlèvement de l'amiante. Il a fallu attendre l'apparition de nombreux cas de cancers pulmonaires mortels avant d'en arriver aux mesures actuelles.

Certes, les études toxicologiques et épidémiologiques sont longues et les résultats sont souvent discutables. Chaque nouveau produit qui apparaît sur le marché nécessite une étude préalable de sa toxicité et des risques qu'il entraîne pour l'homme. Économiquement, ceci est très difficile à réaliser et souvent les effets sur l'homme ne sont cliniquement connus qu'après plusieurs années d'emploi. Il y a toujours un décalage entre l'utilisation d'un produit, la connaissance des risques engendrés et la mise en place des mesures d'hygiène et de sécurité.

Ce même décalage existe pour la réglementation qui certes est contraignante, mais indispensable pour obliger quelquefois les entreprises à adopter la prévention des risques professionnels. Plusieurs intérêts contradictoires s'opposent et en retardent la parution.

L'accélération de l'évolution technique se traduit par celle de la découverte de nouveaux risques et par conséquent de la production d'une réglementation plus vaste indispensable. Cette tendance est normale et logique bien que cette accélération pose de nombreux problèmes d'assimilation et d'application. À cela s'ajoutent les directives européennes qui, depuis une douzaine d'années, se sont traduites par la publication de plusieurs lois, décrets et arrêtés, modifiant ou abrogeant les textes déjà parus. Depuis les années 1990, pratiquement tous les textes officiels sont conformes aux directives européennes.

Cette multiplication des textes, rendue nécessaire par les événements, est en train de se ralentir ; le nombre de nouveaux textes publiés va certainement se réduire, les principaux étant déjà parus.

Cette situation est la même pour la plupart des autres pays de la Communauté européenne, ce qui va permettre un certain équilibre au niveau des

différentes entreprises européennes, à condition bien entendu que toutes respectent les mesures élémentaires, ce qui ne semble pas évident.

Il revient maintenant aux pouvoirs publics de mettre en place des mesures pour inciter des entreprises à continuer leur action de prévention des risques chimiques. Certaines de ces mesures existent soit sous forme de pénalités (financières et juridiques), soit sous forme d'aides financières et techniques (conseils, subventions, avances), mais il y a lieu de les rendre encore plus incitatives.

Le domaine des risques chimiques et de la prévention est en pleine effervescence, en pleine mutation depuis quelques années pour préparer un avenir plus sécurisé où les travailleurs pourront exercer leurs activités dans de bonnes conditions de sécurité et de travail.

Ce souhait n'est pas un rêve mais peut devenir réalité si tout le monde, chefs d'entreprise, responsables de production, salariés et travailleurs divers, fonctionnaires de l'État, agents d'autres organismes et institutions travaillent ensemble pour le bien de tous.

Ne dit-on pas que « la sécurité est l'affaire de tous » ?

BIBLIOGRAPHIE

Cette bibliographie regroupe essentiellement des références documentaires récentes (ouvrages, brochures, aide-mémoire, etc.) publiées en français et donnant à leur tour plusieurs références bibliographiques plus anciennes.

Plus de la moitié des documents cités sont édités par l'Institut national de recherche et de sécurité, organisme relevant de la Sécurité sociale et spécialisé dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité du travail. L'INRS est le principal éditeur de documents français traitant des risques et de la prévention. La plupart de ses publications sont mises à jour périodiquement ; compte tenu de l'évolution de la réglementation et des données techniques, il y a lieu de se procurer l'édition la plus récente. Ils peuvent être consultés à la bibliothèque de l'INRS, 30, rue Olivier-Noyer 75014 Paris (tél : 01 40 44 39 98). L'INRS publie également des périodiques, notamment :

- *Travail et sécurité* (mensuel) avec des rubriques d'informations générales, techniques ou réglementaires ;
- les *Cahiers des notes documentaires* (trimestriel) traitant des sujets plus techniques et scientifiques ;
- les *Documents pour le médecin du travail* (trimestriel) destiné au corps médical.

Tous les documents de l'INRS sont diffusés par les caisses régionales d'assurance maladie. Les adresses des services prévention des caisses régionales figurent sur la dernière page.

■ Chapitre 1

Pluyette, *Hygiène et Sécurité*, Éditions UIMM, 2001.

Bessou, *L'Ingénieur et la Sécurité dans l'Entreprise*, INRS, 1973.

Prévention des Risques Professionnels, Techniques de l'Ingénieur A 8620, Paris.

- Prévention des Risques Professionnels en France*, Aide-mémoire TJ6, INRS.
Les Cotisations des AT et MP, Aide-mémoire TJ9, INRS.
Les AT et MP, *Liaisons sociales* du 3 avril 1999.
Barnier, *Atlas des risques majeurs*, Plon, Paris, 1992.
Bouyssou, *Théorie générale du risque*, Economica, Paris, 1997.

■ Chapitre 2

- Code du travail.
Code de la Sécurité sociale.
Code de l'environnement.
Code de la santé publique.
Code de la consommation.
Règlement CE n° 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006.
Le Roy, *REACH, enregistrement, évaluation et autorisation des substances chimiques*, INRS, ECT/RC, octobre 2006.
Principes et pratiques du droit du travail, Delmas, Paris.
Boisselier et Larger, *Le Droit de l'hygiène, de la sécurité et des conditions de travail*, Les Éditions d'Organisation, Paris, 1988.
Seillan, *L'obligation de sécurité du chef d'entreprise*, Dalloz, Paris, 1988.
Blanpain et Javillier, *Droit du travail communautaire*, LGDJ, Paris, 1991.
Le Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, ED 675, INRS.
Antona et Brunois, *Hygiène et sécurité dans l'entreprise*, Dalloz, Paris, 1991.
Saint-Jours, *Traité de Sécurité sociale*, Librairie Générale, Paris, 1984.

■ Chapitre 3

- Conception des lieux de travail – Démarche, méthodes et connaissances techniques*, ED 718, INRS.
Produits chimiques – La Fiche de données de sécurité, INRS.
Sécurité dans l'utilisation des produits chimiques au travail, BIT, Genève, 1993.
Schmitt, *Éléments de pharmacologie*, Flammarion, Paris, 1970.
Mac Donald, *Chemical Mechanisms of Halocarbon Metabolism*, CRC, 1982.
Picot, Gaignault et Glomot, Les principaux aspects des relations entre la structure moléculaire et la toxicité, *L'actualité chimique*, janvier 1984.
Perrin et Scharff, *Chimie industrielle*, Dunod, Paris, 2^e édition, 2002.
Margossian, *Risques et accidents industriels majeurs*, Dunod, Paris, 2006.

■ Chapitre 4

- Produits dangereux – Guide d'évaluation des risques*, ED 1476, INRS.
Produits méchants – Moi, dans mon entreprise, j'étiquette, ED 745, INRS.
 Elkins, *The Chemistry of Industrial Toxicology*, Wiley, New York.
 Harris et Cralley, *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, Wiley, NY, 1994.
Dangerous Properties of Materials I. SAX, 1968.
La Main et les produits chimiques, ED 609, INRS.
Le Plomb, Aide-mémoire TJ 1, INRS.
Amiante, Aide-mémoire TJ4, INRS.
Benzène, Aide-mémoire TJ 15, INRS.
Le Mercure, ED 546, INRS.
 Dandres, *Le Chlore*, INRS, n° 231, 1971.
Les Adhésifs, ED 721, INRS.
Les Maladies professionnelles, Guide ED 835, INRS.
Les Maladies professionnelles – Régime général, Aide-mémoire TJ 19, INRS.
Les Fiches toxicologiques, ED 1137, INRS.
Fiches de toxicologie, ACMS, Paris.
La Santé au travail : 10 ans de recherche médicale, La Documentation Française, Paris, 1996.
La Prévention du cancer professionnel, BIT, 1978.

■ Chapitre 5

- Réactions chimiques dangereuses*, ED 697, INRS.
Les Mélanges explosifs, ED 335, INRS.
Prévention des incendies sur les lieux de travail, Aide-mémoire TJ 20, INRS.
Incendies et lieux de travail, ED 789, INRS.
L'Électricité statique, ED 507, INRS.
Handbook of Fire Protection, NFPA, Boston.
 Bretherick, *Handbook of Reactive Chemical Hazards*, Butterworths, Londres, 1985.
Les Plastiques et le feu GPCP, Compagnie française d'édition, Paris, 1976.
Chemical Safety Data Sheet, NSC, Chicago.

■ Chapitre 6

- Produits chimiques – La Fiche de données de sécurité*, ED 55, INRS.
Classification, emballage et étiquetage des substances et préparations chimiques dangereuses, ND 1946 et ND 1915, INRS.

- Métrologie des polluants*, CD-Rom 4, INRS.
- Manual of Analytical Methods*, NIOSH, Cincinnati, 1994.
- Guide méthodologique d'évaluation des dangers liés en la mise en œuvre de réactions chimiques*, INERIS, DRA, 2001.
- Gautret de la Moricière, *Guide du risque chimique*, Dunod, Paris, 4^e édition, 2006.
- Hèng, *Pratique de la maintenance préventive*, Dunod, Paris, 2^e édition, 2005.
- Laurent, *Sécurité des procédés chimiques : connaissances de base et méthodes d'analyse des risques*, Tech & Doc, 2003.
- Lechartier, *Fiches analytiques de sécurité des produits chimiques dangereux*, France-Sélection, Paris, 1974.
- Tranchant, *Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse*, Masson, Paris, 1995.

■ Chapitre 7

- Formation à la sécurité*, ED 832, INRS.
- Face aux accidents : analyser, agir*, ED 833, INRS.
- Guide d'évaluation des risques*, ED 840, INRS.
- Vallaud et Damel, *L'Hygiène et la sécurité dans la grande industrie chimique minérale*, INRS, 1966.
- Vallaud et Damel, *L'Hygiène et la sécurité dans la grande industrie chimique organique*, INRS, 1971.
- Carre, *Précis de technologie et de chimie industrielle* (3 tomes), Baillères, Paris, 1950.
- Aération et assainissement des lieux de travail*, Aide-mémoire TJ5, INRS.
- Aération et assainissement des ambiances de travail – Réglementation générale*, ED 720, INRS.
- Guides pratiques de ventilation*, INRS.
- n° 0 : *Principes généraux de ventilation*, ED 695.
- n° 1 : *L'Assainissement de l'air des locaux de travail*, ED 657.
- Sécurité dans l'utilisation des produits chimiques au travail*, BIT, Genève, 1993.
- Les Appareils de protection respiratoire : choix et utilisation*, ED 780, INRS.
- Les Équipements de protection individuelle des yeux et du visage*, ED 798, INRS.
- Protection individuelle : la tête et les voies respiratoires*, ED 279, INRS.

■ Chapitre 8

Koller, *Aide-mémoire de génie chimique*, Dunod, Paris, 2^e édition, 2005.
Perrin et Scharff, *Chimie industrielle*, Dunod, Paris, 2^e édition, 2002.

■ Chapitre 9

Boisselier et Boue, *Pratique de la sécurité dans l'entreprise*, Les Éditions d'Organisation, Paris, 1977.

Guides pratiques de ventilation, INRS.

n° 2 : *Ventilation des cuves et bains de traitement de surface*, ED 651.

n° 3 : *Mise en œuvre manuelle des polyesters stratifiés*, ED 665.

n° 4 : *Ventilation des postes de décochage en fonderie*, ED 662.

n° 5 : *Ventilation des ateliers d'encollage de petits objets*, ED 672.

n° 6 : *Captage et traitement des brouillards d'huiles entières*, ED 680.

n° 7 : *Opérations de soudage à l'arc*, ED 668.

n° 8 : *Ventilation des espaces confinés*, ED 703.

n° 9 : *Ventilation des cabines d'application par pulvérisation de produits liquides*, ED 839.

n° 10 : *Peintures des matériels de grande dimension*, ED 713.

n° 11 : *Sériographie*, ED 711.

n° 12 : *Deuxième transformation du bois*, ED 750.

n° 13 : *Fabrications des accumulateurs au plomb*, ED 746.

n° 14 : *Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine*, ED 768.

n° 15 : *Réparation des radiateurs automobiles*, ED 752.

n° 16 : *Ateliers de fabrication de prothèses dentaires*, ED 760.

n° 17 : *Emploi des matériaux pulvérulents*, ED 767.

n° 18 : *Sorbonnes de laboratoires*, ED 795.

n° 19 : *Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement*, ED 82.

Ventilation et chauffage des locaux de travail, n° 532, INRS.

Répertoire des fournisseurs. protection individuelle du corps, ED 319, INRS.

Répertoire des fournisseurs. protection individuelle des membres supérieurs, ED 275, INRS.

La Prévention technique de la silicose Andreoni, INRS, n° 297.

Sécurité et hygiène dans l'industrie du fer et de l'acier, BIT, Genève, 1984.

Vallaud, *L'Hygiène et la sécurité dans l'emploi des hydrocarbures benzéniques*, INRS, n° 85, 1977.

- Conception des dispositifs de captage sur machines à bois*, ED 841, INRS.
Stockage et transvasement des produits chimiques dangereux, ED 753, INRS.
Prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles dans les industries du livre, recommandation R 121, ED 470, INRS.
Soudage au chalumeau, ED 742, INRS.
Traitement curatif des bois en place, ED 743, INRS.
Silos : la sécurité dans la conception et l'exploitation, ED 685, INRS.
Bernier (et coll.), *Fiches pratiques de sécurité des produits chimiques au laboratoire*, CNRS-Dunod, Paris, 2001.
L'Hygiène et la sécurité dans l'application des peintures par pulvérisation, n° 103, INRS.

■ Chapitre 10

- La Prévention des pollutions et des risques des activités économiques*, Service de l'Environnement industriel, 14 bd du Général Leclerc 92524 NEUILLY.
Installations classées pour la protection de l'environnement, SEI 1988.
Directives européennes sur la qualité de l'air, SEI 1989.
Guide d'application de la directive Seveso, SEI 1989.
Rodier (et coll.), *L'Analyse de l'eau*, Dunod, Paris, 8^e édition, 1996.
Pansu, Gautheyrou et Loyer, *L'Analyse du sol*, Dunod, Paris, 1997.
Les Réseaux d'assainissement, ED 682, INRS.
Conception des usines de traitement des ordures ménagères et déchets assimilés, CRAMIF, Paris, 1996.
Kohlschutter, Meinck et Stoof, *Les Eaux résiduaires industrielles*, Masson, Paris, 1977.

ADRESSES UTILES

Pour obtenir des renseignements complémentaires, consulter les ouvrages, acheter les brochures sur les risques chimiques professionnels et leur prévention, il est conseillé de s'adresser aux organismes listés ci-après.

■ Informations sur la législation et la réglementation

Ministère du Travail et des Affaires sociales – 1, place de Fontenoy 75700
PARIS

Caisse nationale de l'assurance maladie – 33, avenue du Maine 75014 PARIS

Institut national de recherche et de sécurité – 30, rue Olivier-Noyer 75014
PARIS

OPPBTP – Tour Amboise 204, rond-point du Pont-de-Sèvres 92000
BOULOGNE

Directions départementales du Travail, de l'Emploi et des Conditions de
travail (une par département, avec des agences dans des villes impor-
tantes)

Journal officiel de la République française – 26, rue Desaix 75015 PARIS
(pour consultation et achat des textes officiels)

Caisses régionales d'assurance maladie (16 caisses régionales + 4 CGSS)

INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques) –
Parc technologique Alata BP 2 – 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE

■ Informations techniques sur les risques et la prévention

Caisses régionales d'assurance maladie – services Prévention

Alsace-Moselle – 14, rue Adolphe-Seyboth 67000 STRASBOURG

Aquitaine – 80, avenue de la Jallère 33000 BORDEAUX

Auvergne – 48-50, bd Lafayette 63000 CLERMONT-FERRAND

Bourgogne – Franche-Comté – 38, rue de Cracovie 21000 DIJON
Bretagne – 236, rue de Châteaugiron 35000 RENNES
Centre – 36, rue Xaintrailles 45000 ORLÉANS
Centre-Ouest – 4, rue de la Reynie 87000 LIMOGES
Ile-de-France – 17-19, place de l'Argonne 75019 PARIS
Languedoc-Roussillon – 29, cours Gambetta 34000 MONTPELLIER
Midi-Pyrénées – 2, rue Georges-Vivent 31000 TOULOUSE
Nord-Est – 81-85, rue de Metz 54000 NANCY
Nord-Picardie – 11, allée Vauban 59000 VILLENEUVE-D'ASCQ
Normandie – Avenue du Grand-Cours, 2022X 76000 ROUEN
Pays de la Loire – 7, rue du Pdt Herriot 44000 NANTES
Rhône-Alpes – 26, rue Daubigny 69000 LYON
Sud-Est – 35, rue George 13000 MARSEILLE
Guadeloupe – Rue Paul-Lacavé 97110 Pointe-à-Pitre
Guyane – Route de Raban 97300 CAYENNE
La Réunion – 4, bd Doret 97400 SAINT-DENIS
Martinique – Quartier Place d'Armes – Le Lamentin 97200 FORT-DE-FRANCE
INERIS (Institut national de l'environnement industriel et des risques)
– Parc technologique Alata BP 2 – 66550 VERNEUIL-EN-HALATTE

INDEX

A

accidents
avec arrêt 17
de trajet 16
domestiques 26
du travail 16, 17, 63
dus aux activités sportives 26
industriels 257
industriels majeurs 9
mortels 17
sans arrêt 17
scolaires 26
acide 125
cyanhydrique 125
fluorhydrique 125
sulfhydrique 125
aérosols 114
allergies 101
aménagement des lieux de travail 59
amiante 59, 80, 104, 191
analyse
chimique 182
physico-chimique 180
anémies 101
angiosarcome hépatique 101
appareils
filtrants 212, 213
isolants 214
appareils antidéflagrants 207
arthrose 102
articles D (décret) 19, 48

articles L (législatifs) 19, 48
articles R (réglementaires) 19, 48
asthmes 101
avancées 68
AZF 13, 134
azote 205

B

bases 125
bâtiments et travaux publics 242
benzène 98
Bhopal 13, 135
boîte à gants 192, 193
bouche 102
d'extraction 197, 201
Bureau international du travail (BIT) 40

C

Caisse nationale de l'assurance maladie
des travailleurs salariés 20, 63
caisses primaires d'assurance maladie 20
caisses régionales d'assurance maladie 16,
20, 63
cancers 101
captage 201
captage des polluants 260
catastrophes industrielles 10
charbon actif 262
chloroforme 99

chlorure
 de méthyle 98
 de méthylène 98
 chromatographie
 en phase gazeuse 183
 en phase liquide 183
 CIRC 127
 classement des substances et des
 préparations dangereuses 56
 CMR 126
 Code
 de l'environnement 14, 40, 71
 de la consommation 71, 74
 de la santé publique 71
 de la Sécurité sociale 16, 47, 62
 du travail 19, 47, 50, 71
 colles 231
 comburant 140
 combustible 139
 combustion 132
 catalytique 266
 comités d'hygiène, de sécurité et des
 conditions de travail 21, 60
 concentrations limites 113, 116
 confinement de la source 191, 260
 cosmétiques 26, 235
 cotisation 68
 supplémentaire 68
 cuvettes de rétention 210

D

danger 10
 décharges industrielles 269
 déclaration 159
 décompositions thermiques 136
 déflagration 133, 143, 150
 dégagement de chaleur 132, 134
 dégraissage des métaux 240
 dépollution 259
 de l'air 260
 de l'eau 267
 des sols 269

dépotage des réservoirs 210
 dermatoses 101
 détonations 144, 150
 diarrhées 101
 dilution 196
 dioxines 158
 direction
 de la Sécurité sociale 20
 des Relations du travail 19
 directive
 européenne 37
 Seveso 14
 Seveso II 37
 DNEL 35
 DRIRE 15

E

eczémas 101
 éloignement 209
 encéphalopathies 101
 encres 231
 énergie 140, 206
 engrais 251
 épurateur 203
 à centrifugation 265
 à filtre à manches 263
 à filtre absolu 265
 à incinération 266
 électrostatique 261
 épuration par filtration 263
 équipements
 de protection individuelle 60, 189,
 210, 213
 de travail 158
 établissement 39
 étanchéité 192
 état physique 86
 étincelles 140, 206, 207
 étiquetage 55, 159, 165, 166, 175
 explosifs 138, 150, 236
 primaires 150
 secondaires 150
 explosions 12

F

fabrication 219, 231
 Feyzin 13, 223
 fibres
 de verre 191
 textiles synthétiques 191
 fibroses 98
 fiche de données de sécurité 57, 159,
 162, 164
 flammes 140
 fonderie 237

G

gaz carbonique 205

H

hépatite 101
 hydrocarbures 149, 190, 205
 HPA 241, 242
 hygiène 59
 hypertension 102

I

impression 244
 incapacité permanente 17
 incendies 12
 incinération des polluants 269
 indice de fréquence 17
 industrie
 alimentaires 246
 chimiques et parachimiques 230
 des corps gras 247
 des cuirs et peaux 246
 mécaniques métallurgiques 236
 INERIS 15
 inertage 205
 insecticides 235
 Inspection du travail 20
 installations classées 43, 45, 218, 259
 Seveso 43
 soumises à autorisation A 42
 soumises à autorisation AS ou S 43
 soumises à déclaration D 43

interventions

 après l'accident 225
 de premier secours 215

intoxication

 accidentelle 79, 99, 215
 chronique 80, 100

L

laboratoires industriels 248
 lavage à l'eau 261
 législation
 du travail 46
 européenne 48
 leucémies 101
 limitation des produits 189
 Livre Blanc 30
 lutte
 contre l'explosion 208
 contre l'incendie 208

M

maçonnerie 251
 MAK (valeurs limites) 115
 maladies professionnelles 16, 18, 63,
 102, 109
 manipulation des explosifs et produits
 instables 209
 matières plastiques 234
 Médecine du travail 21, 61
 médicaments 26
 mélanges explosifs 149
 métabolisme 98
 métabolites 98
 métalloïdes 82, 126
 métaux 82, 126, 148, 237
 méthane 98
 ministère
 de l'Écologie et du Développement du-
 rable 14
 du Travail et des Affaires sociales 19
 MOCA 191
 modes opératoires 157

N

nettoyage et entretien des sanitaires 248
 neurotoxiques 97
 nez 102
 nitrate d'ammonium 13, 158
 numéro
 d'identification 167
 index CE 167

O

oedèmes 101
 oeil 102
 oreilles 102
 organes 97
 Organisation internationale du travail
 (OIT) 40
 ostéolyse 102
 oxydation enzymatique 98

P

pathologies professionnelles 18, 100,
 111, 215
 peintures 231, 250
 pénalités 62
 pesticides 235, 251
 phlébites 102
 phrases types
 R 167, 168, 170
 S 167, 168, 173
 pictogrammes 160, 169
 pigments 232
 colorés 191
 plomb 80, 191
 PNEC 35
 pneumoconioses 97
 point
 chaud 140
 d'auto-inflammation 145
 éclair 145, 147
 pollution 253
 accidentelle 254
 chimique de l'air 255

chimique de l'eau 256
 chimique des sols 257
 de l'environnement 120
 polymérisation 133, 135
 polynévrites 101
 postes de travail 179
 poudres de propulsion 150
 prélèvement
 d'atmosphères polluées 181
 des échantillons 180
 préparations dangereuses 56, 175
 prévention
 collective 188, 189
 des accidents industriels majeurs 14, 270
 des risques d'incendie-explosion 205
 des risques de la vie courante 27
 des risques industriels majeurs 217
 des risques professionnels 18, 187
 médicale 21
 technique 21, 188, 218
 principes de ventilations locales 198
 processus
 d'intoxication 91
 réactionnels 157
 produits
 alimentaires 148
 biodégradables 269
 cancérogènes 126, 128
 de bricolage 26
 de jardinage 26
 écotoxiques 91, 120
 incompatibles 131, 134
 ménagers 26
 naturels 148
 organiques 126, 148
 pharmaceutiques 234
 photographiques 236
 phytosanitaires 235
 pyrotechniques 150, 236
 propergols 150
 protection individuelle 189
push-pull 239
 pyrolyses 136

Q

quantités absorbées 87

R

rayonnements électromagnétiques 140

rayons

gamma 140

X 140

réactions

chimiques dangereuses 82, 84, 131, 135, 209

chimiques exothermiques 80, 132

d'hydratation 132

d'oxydation de combustion 80

en chaîne 81, 132

recyclage 203

règlement REACH 29, 30

rejet dans la nature 121

remplacement d'un produit dangereux 190, 209

réparation des accidents 62

résines 81, 232

risques

biologiques 9

cancérogènes 58

chimiques 9, 75, 79

d'incendie-explosion 80, 84, 139

d'intoxication 79, 83, 84, 89

de brûlures chimiques 83

de circulation 9

de la vie courante 8, 25, 70, 82, 249

de manutention 9

dus aux mouvements répétitifs 9

électriques 9

industriels 8

industriels majeurs 37

mécaniques 8

physiques 9

professionnels 8

S

sablage 191

SAMU 226

sanctions 45

sang 96

Sapeurs-pompiers 226

service de sécurité 21

Seveso 13, 135, 258

silice 80, 191

SMUR 226

solvants 81, 122, 149

chlorés 98, 191, 205

soudage des métaux 241

à l'arc 242

à l'étain 242

spectrophotométrie d'absorption

atomique 183

UV et IR 183

station d'épuration des eaux usées 268

statistiques 15, 23, 28

financières 23

technologiques 23

stockage

des déchets 121

des déchets polluants 269

des produits chimiques 222

des produits chimiques dangereux 231

des produits combustibles et explosifs 223

des produits incompatibles 223

substances dangereuses 56, 89

cancérogènes 90, 102, 127

comburantes 149, 151

corrosives 89

explosibles 150

extrêmement inflammables 151

facilement inflammables 151

inflammables 151

inflammables explosibles 77, 78

irritantes 90

mutagènes 90, 127

nocives 12, 77, 78, 89

pour l'environnement 90

sensibilisantes 90

toxiques 12, 77, 78, 89

toxiques pour la reproduction 90

très toxiques 89

T

tableau de maladies professionnelles 16,
102, 104, 106, 107, 108

taux

- de cotisation 68
- de gravité 17
- net de cotisation 69

techniques

- chromatographiques 182
- colorimétriques 182
- spectrographiques 183

température 87

textile 246

TLV (valeurs limites) 114

traitements

- de surface 190, 238
- thermiques 238

transformation biologique 269

transport

- des matières dangereuses 70, 270
- des produits dangereux 224

troubles de l'équilibre 101

U

ulcérations 101

UV 140

V

valeurs

- limites court terme (VLCT) 115
- limites d'exposition (VLE) 115
- limites d'exposition professionnelle (VLEP) 115
- limites de concentration 58
- limites indicatives 115
- limites réglementaires 115
- limites réglementaires indicatives (VLI) 115
- moyennes d'exposition (VME) 115
- réglementaires contraignantes (VLC) 115

vapeurs 114

vase clos 192, 193

ventilateurs

- centrifuges 195
- hélicoïdaux 195

ventilation 194

- générale 196
- locale 198

verniss 231, 250

vêtements de travail 214

vitesse de réaction 141

voie

- cutanée 94
- orale ou digestive 95
- respiratoire 93

AIDE-MÉMOIRE DE L'INGÉNIEUR

Nichan Margossian

RISQUE CHIMIQUE

2^e édition

Cet aide-mémoire traite des **risques chimiques industriels, professionnels et de la vie courante**, en donnant pour chacun les mesures de **prévention** à mettre en œuvre, avec des exemples empruntés à divers secteurs industriels.

- Définitions et caractéristiques des risques provenant de la présence et de la manipulation de produits chimiques.
- Réglementation relative à ces risques et à la réparation des accidents industriels majeurs, des accidents du travail et des maladies professionnelles.
- Détection et évaluation des risques, équipements de protection individuelle et mesures de prévention collective.
- Risques chimiques dans l'environnement.

Cette deuxième édition tient compte des **nouvelles réglementations européennes (REACH)**.

Cet ouvrage est indispensable à toute personne concernée par les risques chimiques et leur prévention, aussi bien en milieu industriel qu'en laboratoire.

NICHAN MARGOSSIAN

après avoir travaillé en production dans l'industrie chimique, a été chargé comme ingénieur-conseil de la prévention des risques professionnels, notamment au sein de l'INRS et de la CRAMIF. Il est également l'auteur des ouvrages *Risques professionnels* (Dunod, 2^e édition, 2006) et *Risques et accidents industriels majeurs* (Dunod, 2005).



9 782100 508655

L'USINE NOUVELLE

6636872

ISBN 978-2-10-050865-5

www.dunod.com

