

# 39

Rédacteur  
*Pier Alberto Bertazzi*

### Table des matières

Les catastrophes et les accidents majeurs ..... <i>Pier Alberto Bertazzi</i>	39.2
La préparation aux catastrophes ..... <i>Peter J. Baxter</i>	39.15
Les actions à prévoir après une catastrophe ..... <i>Benedetto Terracini et Ursula Ackermann-Liebrich</i>	39.20
Les problèmes liés aux conditions météorologiques ..... <i>Jean G. French</i>	39.23
Les avalanches: les dangers et les mesures de protection ..... <i>Gustav Poinstingl</i>	39.26
Le transport des matières dangereuses: les produits chimiques et les matières radioactives ..... <i>Donald M. Campbell</i>	39.29
Les accidents radiologiques..... <i>Pierre Verger et Denis Winter</i>	39.32
Les mesures de sécurité et de santé dans les régions agricoles contaminées par des radionucléides: l'expérience de Tchernobyl ..... <i>Yuri Kundiev,   Leonard A. Dobrovolsky et V.I. Chernyuk</i>	39.42
Etude de cas: l'incendie de la fabrique de jouets Kader ..... <i>Casey C. Grant</i>	39.45
Les conséquences des catastrophes: enseignements à tirer du point de vue médical ..... <i>José Luis Zeballos</i>	39.49

## ● LES CATASTROPHES ET LES ACCIDENTS MAJEURS

Pier Alberto Bertazzi

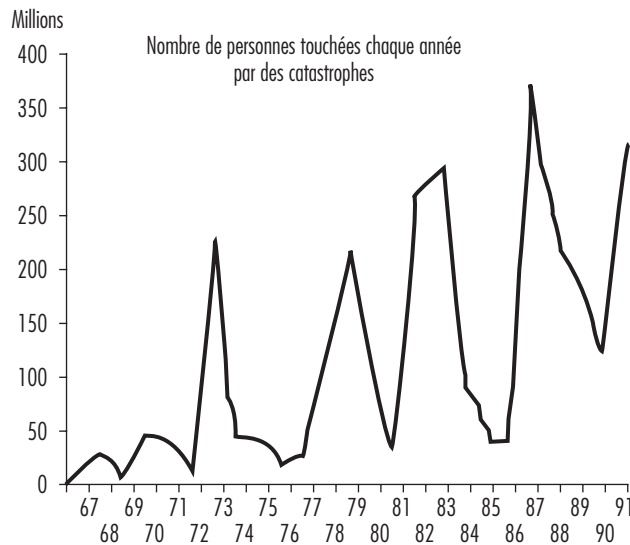
### La nature et la fréquence des catastrophes

En 1990, la quarante-quatrième session de l'Assemblée générale des Nations Unies a annoncé l'entrée dans une décennie ayant pour objectif de réduire la fréquence et les effets des catastrophes naturelles (*The Lancet*, 1990). Un comité d'experts a défini une catastrophe comme étant une «perturbation de l'environnement de l'humain qui excède la capacité de la communauté de fonctionner normalement».

Les données relatives aux catastrophes recensées à l'échelle planétaire au cours des dernières décennies font ressortir deux caractéristiques principales — une augmentation du nombre de personnes affectées au fil du temps et une corrélation géographique (Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge (FISCRRCR), 1993). Comme le montre la figure 39.1, la tendance est en effet nettement à la hausse, malgré des variations considérables d'une année à l'autre. La figure 39.2 passe en revue les pays les plus sérieusement touchés par des catastrophes majeures en 1991. Aucun pays du monde n'est à l'abri des catastrophes, mais ce sont généralement les pays les plus pauvres qui paient le plus lourd tribut en vies humaines.

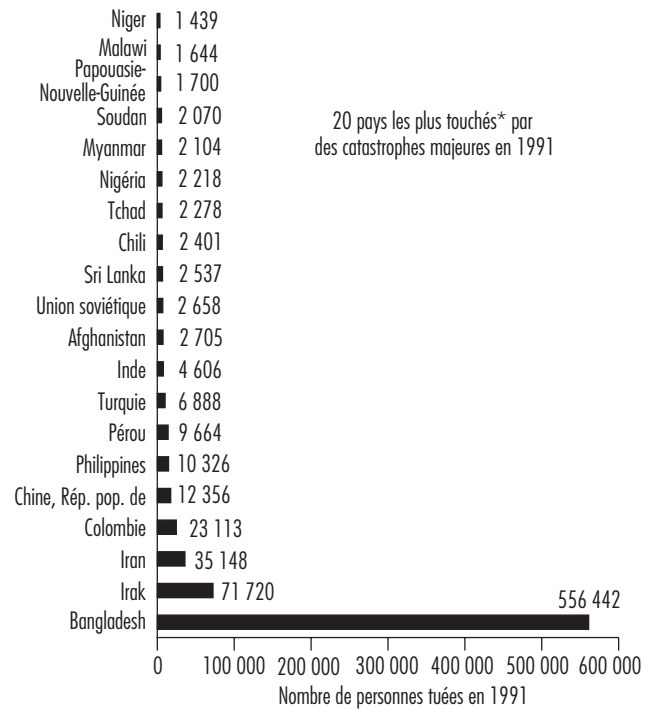
Il existe un grand nombre de définitions et de classifications des catastrophes, que nous avons examinées (Grisham, 1986; Lechat, 1990; Logue, Melick et Hansen, 1981; Weiss et Clarkson, 1986). Trois d'entre elles sont rappelées ici à titre d'exemples. Les Centres américains de lutte contre la maladie (US Centers for Disease Control (CDC) (CDC, 1989)) distinguent trois grandes catégories de catastrophes: les événements géographiques, comme les tremblements de terre et les éruptions volcaniques; les événements climatiques, comme les ouragans, les tornades, les vagues de chaleur ou de froid et les inondations; et, enfin, les événements engendrés par l'être humain, notamment les famines, la pollution atmosphérique, les catastrophes industrielles, les incendies et les

Figure 39.1 • Nombre de personnes touchées chaque année par des catastrophes dans le monde entre 1967 et 1991



Source: FISCRRCR, 1993.

Figure 39.2 • Nombre de décès causés par des catastrophes majeures en 1991 dans les 20 pays les plus touchés



\* Pays existant en 1991.

Source: FISCRRCR, 1993.

incidents mettant en cause un réacteur nucléaire. Selon une autre classification, fondée sur la cause (Parrish, Falk et Melius, 1987), les catastrophes naturelles englobent les événements climatiques et géologiques, alors que les catastrophes causées par l'activité humaine comprennent les événements non naturels, technologiques et intentionnels provoqués par des êtres humains (accidents de transport, guerres, incendies, explosions, rejets chimiques et radioactifs, par exemple). Une troisième classification (voir tableau 39.1), établie par le Centre de recherche sur l'épidémiologie des désastres à Louvain (Belgique), s'inspire d'un atelier tenu en 1991 par le Bureau du Coordonnateur des Nations Unies pour les secours en cas de catastrophe (UNDRO) et a été exposée dans le *World Disaster Report 1993* (FISCRRCR, 1993).

La figure 39.3 précise le nombre total d'événements par type de catastrophe. La catégorie «accidents» englobe tous les événements soudains causés par l'être humain; elle vient au second rang par ordre de fréquence, devancée seulement par les «inondations». Les «tempêtes» occupent la troisième place, suivies par les «tremblements de terre» et les «incendies».

D'autres données sur la nature, la fréquence et les conséquences des catastrophes, naturelles ou non, survenues entre 1969 et 1993, ont été extraites du rapport de 1993 de la FISCRRCR.

Bien que l'on évalue actuellement la gravité des catastrophes en fonction du nombre de décès, il est impératif de prendre également en considération le nombre des personnes touchées. A l'échelon mondial, les personnes affectées par les catastrophes sont près de mille fois plus nombreuses que celles qui y succombent et, pour beaucoup d'entre elles, la survie devient tellement difficile après le choc qu'elles se retrouvent encore plus fragiles et démunies face à de nouveaux coups du sort. Cette constatation vaut aussi bien pour les catastrophes naturelles (voir tableau 39.2)

Tableau 39.1 • Définitions des différents types de catastrophes

Soudaine, naturelle	Progressive, naturelle	Soudaine, causée par l'activité humaine	Progressive, causée par l'activité humaine
Avalanche	Epidémie	Écroulement d'ouvrages	Nationale (émeutes, guerre civile)
Vague de froid	Sécheresse	Écroulement de bâtiments	Internationale (conflits armés)
Tremblement de terre	Désertification	Effondrement ou affaissement de terrain	Déplacement de population
Secousse sismique	Famine	dans une mine	Déplacement de personnes
Inondation	Pénurie de vivres	Catastrophe aérienne	Réfugiés
Crue torrentielle	ou mauvaise récolte	Catastrophe au sol	
Rupture de barrage		Catastrophe maritime	
Eruption volcanique		Accident industriel/technologique	
Coulée pyroclastique		Explosion	
Vague de chaleur		Explosion de produits chimiques	
Cyclone avec vents violents		Explosion nucléaire ou explosion	
Tempête		thermonucléaire	
Grêle		Explosion dans une mine	
Tempête de sable		Pollution	
Ondes de tempête		Pluies acides	
Orage		Pollution chimique	
Tempête tropicale		Pollution atmosphérique	
Tornado		Hydrocarbures chlorofluorés (CFC)	
Invasion d'insectes		Pollution par les hydrocarbures	
Glissement de terrain		Incendie	
Coulée de terre		Incendie de forêt/feu de prairie	
Panne d'électricité			
Tsunami et raz-de-marée			

Source: FISCRCR, 1993.

que pour les catastrophes causées par l'activité humaine (voir tableau 39.3), tout particulièrement les accidents chimiques, dont les effets sur les sujets exposés ne se manifestent bien souvent que des années, voire des décennies plus tard (Bertazzi, 1989). La vulnérabilité humaine face à la catastrophe est la préoccupation centrale des stratégies de prévention et de planification préalable.

La sécheresse, la famine et les inondations continuent d'affecter un plus grand nombre de personnes que tout autre type de catastrophe. Les vents violents (cyclones, ouragans et typhons) entraînent, proportionnellement, davantage de décès que les famines et les inondations, par rapport à l'ensemble de la population touchée, tandis que les tremblements de terre, catastrophes les plus soudaines de toutes, restent aussi les plus meurtrières (voir tableau 39.4). Enfin, les accidents technologiques touchent davantage de gens que les incendies (voir tableau 39.5).

Les tableaux 39.6 et 39.7 indiquent le nombre de catastrophes survenues au cours d'une période de 25 ans, par catégorie et par continent. Les vents violents, les accidents (surtout les accidents de transport) et les inondations sont les catastrophes les plus fréquentes et l'Asie est le continent le plus souvent touché. La

majorité des sécheresses se produit en Afrique. Bien que le nombre des décès attribuables à des catastrophes soit peu élevé en Europe, cette région est frappée dans une proportion comparable à l'Asie ou à l'Afrique; les plus faibles taux de mortalité reflètent une vulnérabilité humaine bien moindre en cas de crise. Le nombre des décès consécutifs aux accidents chimiques de Seveso (Italie) et de Bhopal (Inde) illustre clairement cet écart (Bertazzi, 1989).

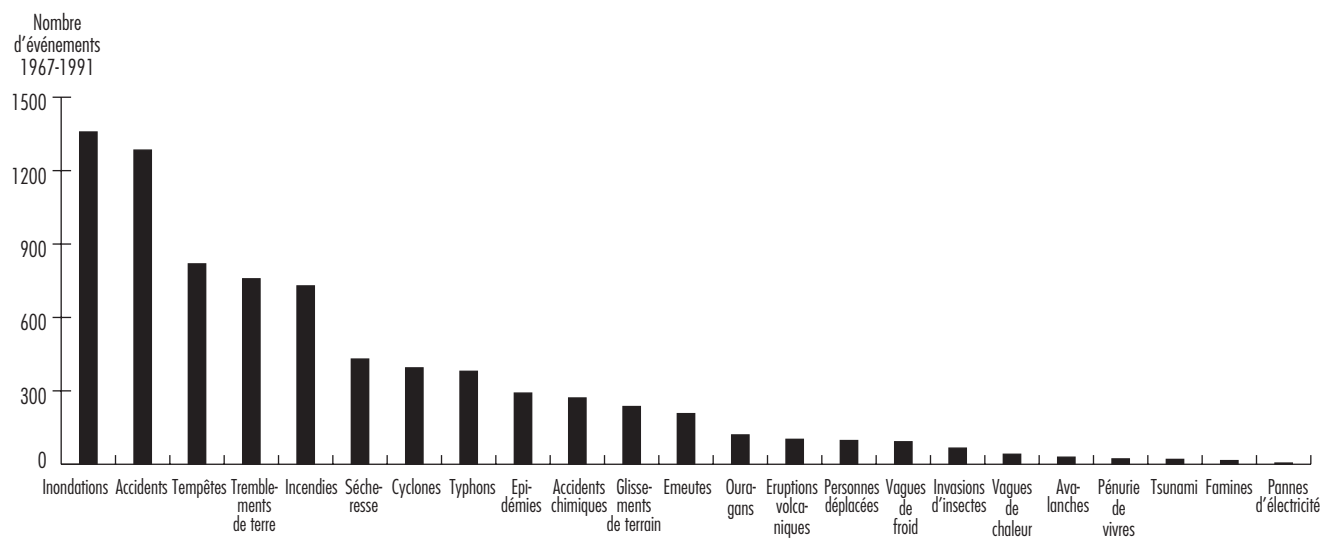
Les chiffres relatifs à l'année 1994 (voir tableaux 39.8 et 39.9) montrent que l'Asie demeure la région la plus exposée aux catastrophes, avec, en tête de liste, les inondations, les vents violents et les accidents majeurs. Bien que les tremblements de terre soient associés à un taux de mortalité élevé, ils ne sont en fait pas plus fréquents que les catastrophes technologiques majeures. Mis à part les incendies, le nombre de catastrophes non naturelles est légèrement inférieur, en moyenne annuelle, à celui des 25 années précédentes. En revanche, le nombre moyen de catastrophes naturelles est plus élevé, sauf dans le cas des inondations et des éruptions volcaniques. En 1994, on a recensé davantage de catastrophes d'origine humaine en Europe qu'en Asie (39 contre 37).

Tableau 39.2 • Nombre annuel moyen de victimes de catastrophes naturelles entre 1969 et 1993, par région

	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océanie	Total
Tués	76 883	9 027	56 072	2 220	99	144 302
Blessés	1 013	14 944	27 023	3 521	100	46 601
Autres victimes	10 556 984	4 400 232	105 044 476	563 542	95 128	120 660 363
Sans-abri	172 812	360 964	3 980 608	67 278	31 562	4 613 224

Source: Walker, 1995.

Figure 39.3 • Nombre total d'événements par type de catastrophe, 1967-1991



Source: Walker, 1995.

### Les accidents chimiques majeurs

Au cours du siècle qui s'achève, ce sont les guerres, les transports et les activités industrielles qui ont provoqué les catastrophes non naturelles les plus désastreuses pour l'être humain. À l'origine, seules les personnes occupant certains emplois étaient touchées par les catastrophes industrielles; avec le temps toutefois, et surtout depuis la seconde guerre mondiale, la croissance et l'expansion rapides de l'industrie chimique et le recours à l'énergie nucléaire ont créé de graves dangers, même pour les personnes à l'extérieur des lieux de travail et pour l'ensemble de l'environnement. Nous nous intéresserons ici aux accidents majeurs mettant en jeu des produits chimiques.

La première catastrophe chimique d'origine industrielle dont nous ayons gardé trace remonte au XVII<sup>e</sup> siècle. Bernardino Ramazzini en a fait le récit (Bertazzi, 1989). Les catastrophes chimiques contemporaines diffèrent tant par la manière dont elles se produisent que par le type de produits chimiques en cause (BIT, 1991). Les risques potentiels sont fonction aussi bien de la nature particulière du produit que de la quantité présente sur les lieux. Toutes ces catastrophes ont cependant une caractéristique commune: ce sont des événements échappant à tout contrôle — incendies, explosions, rejets de substances toxiques — qui peuvent faire de nombreuses victimes à l'intérieur et à l'extérieur des installations et causer des dégâts matériels et écologiques considérables.

Le tableau 39.10 donne quelques exemples d'accidents chimiques majeurs représentatifs provoqués par des explosions, et le tableau 39.11 recense une série d'incendies majeurs. Dans l'industrie, les incendies sont plus fréquents que les explosions et les rejets de matières toxiques, mais ils font généralement moins de victimes. La supériorité des mesures de prévention et de planification préalable dans le premier cas en fournit peut-être une explication. Le tableau 39.12 énumère certains accidents industriels majeurs qui ont donné lieu à des rejets de produits chimiques toxiques. Le chlore et l'ammoniac sont les produits chimiques toxiques les plus souvent utilisés en quantités dangereuses importantes et ils ont déjà provoqué des accidents majeurs. Le rejet, dans l'atmosphère, de matières inflammables ou toxiques peut également provoquer des incendies.

Un tour d'horizon des travaux consacrés aux accidents chimiques majeurs révèle plusieurs caractéristiques communes aux catastrophes industrielles contemporaines. Nous les analyserons brièvement ci-après, de manière à pouvoir non seulement établir une classification d'intérêt général, mais également apprécier la nature du problème et les défis à relever.

### Les catastrophes avérées

Les catastrophes avérées sont des rejets dans l'environnement qui ne laissent subsister aucune ambiguïté quant à leur source et leur danger potentiel. Les catastrophes de Seveso, de Bhopal et de Tchernobyl en sont de bons exemples.

Tableau 39.3 • Nombre annuel moyen de victimes de catastrophes non naturelles entre 1969 et 1993, par région

	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océanie	Total
Tués	16 172	3 765	2 204	739	18	22 898
Blessés	236	1 030	5 601	483	476	7 826
Autres victimes	3 694	48 825	41 630	7 870	610	102 629
Sans-abri	2 384	1 722	6 275	7 664	24	18 069

Source: Walker, 1995.

Tableau 39.4 • Nombre annuel moyen de victimes de catastrophes naturelles entre 1969 et 1993, par type de catastrophe

	Tremblement de terre	Sécheresse et famine	Inondation	Vents violents	Glissement de terrain	Eruption volcanique	Total
Tués	21 668	73 606	2 097	28 555	1 550	1 009	138 486
Blessés	30 452	0	7 704	7 891	245	279	46 571
Autres victimes	1 764 724	57 905 676	47 849 065	9 417 442	131 807	94 665	117 163 379
Sans-abri	224 186	2 720	3 178 267	1 065 928	106 889	12 513	4 610 504

Source: Walker, 1995.

La catastrophe de Seveso est considérée comme le prototype des catastrophes chimiques industrielles (Homberger et coll., 1979; Pocchiari et coll., 1983, 1986). Cet accident, survenu le 10 juillet 1976 dans la région de Seveso, à proximité de Milan (Italie), dans une usine produisant du trichlorophénol, a entraîné la contamination par un produit très toxique, la 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD), de plusieurs kilomètres carrés d'une zone rurale assez fortement peuplée. Plus de 700 personnes ont été évacuées, et des restrictions ont été imposées à 30 000 autres habitants. Du point de vue médical, la chloracné a été l'effet nocif le plus clairement établi, mais toutes les conséquences possibles de cet incident n'ont pas encore été évaluées (Bruzzi, 1983; Pesatori, 1995).

Bhopal est probablement la pire catastrophe chimique industrielle de tous les temps (Das, 1985a, 1985b; Friedrich Naumann Foundation, 1987; Tachakra, 1987). Dans la nuit du 2 décembre 1984, à la suite d'une fuite de gaz, un nuage mortel a recouvert la ville de Bhopal, dans le centre de l'Inde, faisant des milliers de morts et des centaines de milliers de blessés en l'espace de quelques heures. L'accident a été provoqué par une réaction d'emballement survenue dans l'un des réservoirs de stockage de méthylisocyanate (MIC). Ce réservoir en béton, qui renfermait quelque 42 tonnes de ce composé utilisé dans la fabrication de pesticides, s'est fissuré, libérant dans l'atmosphère le MIC et d'autres produits de dégradation. Au-delà des conséquences tragiques évidentes de cet accident, on n'a pas encore complètement évalué ses effets éventuels à long terme sur la santé des personnes affectées ou exposées (Andersson et coll., 1986; Sainani et coll., 1985).

### Les catastrophes d'installation lente

Seules deux circonstances révèlent parfois l'existence d'une catastrophe d'installation lente: la présence fortuite d'êtres humains sur la trajectoire du rejet, ou l'émergence, avec le temps, de certaines

Tableau 39.5 • Nombre annuel moyen de victimes de catastrophes non naturelles entre 1969 et 1993, par type de catastrophe

	Accident	Accident technologique	Incendie	Total
Tués	3 419	603	3 300	7 321
Blessés	1 596	5 564	699	7 859
Autres victimes	17 153	52 704	32 771	102 629
Sans-abri	868	8 372	8 829	18 069

Source: Walker, 1995.

manifestations environnementales du danger présenté par des matières toxiques.

A cet égard, la maladie de Minamata constitue sans doute l'exemple le plus spectaculaire et le plus instructif du premier cas. En 1953, des troubles neurologiques rares ont commencé à se manifester chez les habitants de villages de pêcheurs situés le long de la baie de Minamata, au Japon. Après de nombreuses recherches, on a conclu que cette maladie baptisée *kibyo*, la «maladie mystérieuse», était probablement causée par du poisson toxique. Il a d'ailleurs été possible, en 1957, d'en reproduire expérimentalement les symptômes en nourrissant des chats avec du poisson pêché dans la baie. L'année suivante, on a émis l'hypothèse que le tableau clinique de la *kibyo*, associant polynévrite, ataxie cérébelleuse et cécité corticale, était analogue à celui d'une intoxication par des composés alkylés de mercure. On a donc recherché une source de mercure organique et l'enquête a abouti à une usine qui déversait ses effluents dans la baie de Minamata. En juillet 1961,

Tableau 39.6 • Catastrophes naturelles entre 1969 et 1993: nombre d'événements en 25 ans

	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océanie	Total
Tremblement de terre	40	125	225	167	83	640
Sécheresse et famine	277	49	83	15	14	438
Inondation	149	357	599	123	138	1 366
Glissement de terrain	11	85	93	19	10	218
Vents violents	75	426	637	210	203	1 551
Eruption volcanique	8	27	43	16	4	98
Autre*	219	93	186	91	4	593

\* Avalanche, vague de froid, vague de chaleur, invasion d'insectes, tsunami.

Source: Walker, 1995.

Tableau 39.7 • Catastrophes non naturelles entre 1969 et 1993: nombre d'événements en 25 ans

	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océanie	Total
Accident	213	321	676	274	18	1 502
Accident technologique	24	97	97	88	4	310
Incendie	37	115	236	166	29	583

Source: Walker, 1995.

la maladie avait frappé 88 personnes, dont 35 (40%) sont décédées (Hunter, 1978).

L'incident de Love Canal, site d'excavation situé à proximité de Niagara Falls, aux Etats-Unis, est un exemple du deuxième type de circonstance. Pendant une trentaine d'années, jusqu'en 1953, cette zone avait servi de lieu d'enfouissement de produits chimiques et de décharge municipale, avant que des habitations ne soient construites à proximité. A la fin des années soixante, les résidents ont commencé à signaler des odeurs de produits chimiques dans le sous-sol de leur maison, ainsi que des infiltrations chimiques à la périphérie du site, et les plaintes se sont multipliées avec le temps. En 1970, la crainte d'une menace sérieuse pour la santé des habitants a entraîné l'ouverture d'enquêtes sanitaires et environnementales. Aucune des études publiées n'a permis de conclure à l'existence d'un lien causal entre l'exposition aux produits chimiques de la décharge et d'éventuels effets nocifs sur la santé des résidents, mais il ne fait aucun doute que ces événements ont eu des répercussions sociales et psychologiques graves sur la population de la région, en particulier chez les personnes qui ont dû être évacuées (Holden, 1980).

### Les intoxications alimentaires de masse

Des épidémies d'intoxications alimentaires peuvent être provoquées par le rejet dans l'environnement de produits chimiques utilisés dans la manipulation et la transformation des aliments. L'un des incidents les plus graves de cette nature a été signalé en Espagne (Spurzem et Lockey, 1984; OMS, 1984; *The Lancet*, 1983). En mai 1981, un syndrome jusqu'alors inconnu faisait son apparition dans les banlieues ouvrières de Madrid, touchant au total plus de 20 000 personnes.

Tableau 39.8 • Catastrophes naturelles: nombre par région du monde et par type en 1994

	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océanie	Total
Tremblement de terre	3	3	12	1	1	20
Sécheresse et famine	0	2	1	0	1	4
Inondation	15	13	27	13	0	68
Glissement de terrain	0	1	3	1	0	5
Vents violents	6	14	24	5	2	51
Eruption volcanique	0	2	5	0	1	8
Autre*	2	3	1	2	0	8

\* Avalanche, vague de froid, vague de chaleur, invasion d'insectes, tsunami.  
Source: Walker, 1995.

Tableau 39.9 • Catastrophes non naturelles: nombre par région du monde et par type en 1994

	Afrique	Amérique	Asie	Europe	Océanie	Total
Accident	8	12	25	23	2	70
Accident technologique	1	5	7	7	0	20
Incendie	0	5	5	9	2	21

Source: Walker, 1995.

En juin 1982, on dénombrait 315 décès (soit environ 16 décès pour 1 000 cas). Au départ, les signes cliniques comprenaient une pneumonie interstitielle, diverses formes d'éruptions cutanées, des lymphadénopathies, une éosinophilie marquée et des symptômes gastro-intestinaux. Près du quart des personnes ayant survécu à la phase aiguë de l'affection ont dû être hospitalisées par la suite pour des manifestations neuro-musculaires. A ce stade avancé, on a également observé des altérations de la peau évoquant la sclérodémie, associées à une hypertension pulmonaire et à un phénomène de Raynaud.

Un mois après l'apparition des premiers cas, on a découvert que la maladie était liée à la consommation d'huile de colza dénaturée bon marché. Ce produit, vendu dans des récipients en plastique non étiquetés, avait généralement été acheté à des vendeurs itinérants. Les mises en garde diffusées par les autorités espagnoles contre l'huile incriminée ont aussitôt entraîné une baisse spectaculaire du nombre de patients hospitalisés pour pneumopathie d'origine toxique (Gilsanz et coll., 1984; Kilbourne et coll., 1983).

Tableau 39.10 • Exemples d'explosions d'origine industrielle

Produit chimique	Conséquences		Lieu et année
	Morts	Blessés	
Ether diméthylrique	245	3 800	Ludwigshafen, Allemagne, 1948
Kérosène	32	16	Bitburg, Allemagne, 1954
Isobutane	7	13	Lake Charles, Louisiane, Etats-Unis, 1967
Boues de pétrole	2	85	Pernis, Pays-Bas, 1968
Propylène	—	230	Saint Louis, Illinois, Etats-Unis, 1972
Propane	7	152	Decatur, Illinois, Etats-Unis, 1974
Cyclohexane	28	89	Flixborough, Royaume-Uni, 1974
Propylène	14	107	Beek, Pays-Bas, 1975

Source: BIT, 1993.

Tableau 39.11 • Exemples d'incendies majeurs

Produit chimique	Conséquences		Lieu et année
	Morts	Blessés	
Méthane	136	77	Cleveland, Ohio, Etats-Unis, 1944
GPL <sup>1</sup> (BLEVE)	18	90	Feyzin, France, 1966
GNL <sup>2</sup>	40	–	Staten Island, New York, Etats-Unis, 1973
Méthane	52	–	Santa Cruz, Mexique, 1978
GPL (BLEVE)	650	2 500	Mexico, Mexique, 1985

<sup>1</sup> Gaz de pétrole liquéfié. <sup>2</sup> Gaz naturel liquéfié.  
Source: BIT, 1993.

Les biphényles polychlorés (PCB) ont été mis en cause dans d'autres intoxications alimentaires de masse dont on a largement fait état au Japon (Masuda et Yoshimura, 1984) et à Taiwan, Chine (Chen et coll., 1984).

### Les catastrophes transfrontières

Les catastrophes d'origine humaine qui surviennent de nos jours ne respectent pas toujours les frontières politiques nationales. Celle de Tchernobyl, qui a provoqué la contamination d'une zone allant de l'océan Atlantique aux montagnes de l'Oural, en est un bon exemple (Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), 1987). Une situation analogue s'est produite en Suisse (Friedrich Naumann Foundation, 1987; Salzman, 1987), le 1<sup>er</sup> novembre 1986, quand un incendie s'est déclaré peu après minuit dans un entrepôt de la société pharmaceutique multinationale Sandoz, à Schweizerhalle, à 10 km au sud-est de Bâle. Emportées par l'eau utilisée pour combattre l'incendie, quelque 30 tonnes de produits chimiques stockés dans l'entrepôt se sont déversées dans le Rhin

Tableau 39.12 • Exemples de dégagements de produits toxiques

Produit chimique	Conséquences		Lieu et année
	Morts	Blessés	
Phosgène	10	–	Poza Rica, Mexique, 1950
Chlore	7	–	Wilsum, Allemagne, 1952
Dioxine/TCDD	–	193	Seveso, Italie, 1976
Ammoniac	30	25	Cartagena, Colombie, 1977
Dioxyde de soufre	–	100	Baltimore, Maryland, Etats-Unis, 1978
Sulfure d'hydrogène	8	29	Chicago, Illinois, Etats-Unis, 1978
Isocyanate de méthyle	2 500	200 000	Bhopal, Inde, 1984

Source: BIT, 1993.

avoisinant, causant de graves dommages écologiques sur une distance d'environ 250 km. Aucun cas de maladie grave n'a été recensé, mis à part les symptômes d'irritation signalés dans les secteurs de la région de Bâle atteints par les gaz et les vapeurs émanant de l'incendie. Mais cet incident n'en a pas moins suscité de sérieuses inquiétudes dans au moins quatre pays européens (Suisse, France, Allemagne et Pays-Bas).

La dimension internationale des catastrophes ne concerne pas seulement leurs conséquences et les dommages qu'elles provoquent, mais aussi parfois leurs causes, comme on l'a vu, par exemple, avec l'accident de Bhopal. Dans cette affaire, en effet, certains sont arrivés à la conclusion que l'accident était dû «à des mesures et à des décisions précises prises à Danbury, dans le Connecticut, ou ailleurs au sein des échelons supérieurs de la société, mais non à Bhopal» (Friedrich Naumann Foundation, 1987.)

### Les catastrophes et le développement

En raison de l'industrialisation et de la modernisation de l'agriculture dans les pays en développement, on utilise aujourd'hui des technologies et des produits importés dans des contextes très différents de ceux auxquels ils étaient destinés. En outre, face à des règlements de plus en plus stricts, les entreprises des pays industriels sont parfois tentées de délocaliser leurs activités dangereuses vers des régions du monde où les mesures de protection de l'environnement et de la santé publique sont moins contraignantes. Là, les activités industrielles ont tendance à se concentrer dans les centres urbains existants, où elles contribuent à aggraver les problèmes causés par le surpeuplement et la pénurie de services publics. Elles se répartissent généralement entre un secteur très organisé, mais restreint, et un vaste secteur non organisé, où la sécurité au travail et la protection de l'environnement ne sont pas contrôlées de près par les autorités (Krishna Murti, 1987). Au Pakistan, par exemple, on a observé en 1976 une certaine forme d'intoxication chez 2 800 des 7 500 ouvriers agricoles qui participaient à un programme de lutte contre le paludisme (Baker et coll., 1978). On estime en outre qu'approximativement 500 000 intoxications aiguës par les pesticides surviennent chaque année, entraînant quelque 9 000 décès, et qu'environ 1% seulement des cas mortels sont recensés dans les pays industriels, bien que ces derniers consomment à peu près 80% de la production agrochimique mondiale (Jeyaratnam, 1985).

Certains prétendent également que les pays en développement risquent non seulement de ne pas sortir de leur état de sous-développement, mais aussi d'avoir à supporter un fardeau supplémentaire du fait d'une industrialisation sauvage et des conséquences que ce phénomène entraîne (Krishna Murti, 1987). Il est donc urgent, on le voit, de renforcer la coopération internationale dans trois domaines: la recherche scientifique, la santé publique et les politiques relatives à la sécurité et à l'implantation des installations industrielles.

### Les enseignements pour l'avenir

Malgré les différences que présentent les catastrophes industrielles examinées, il est possible d'en tirer certaines leçons communes quant à la manière de prévenir les accidents chimiques majeurs et d'atténuer leur impact sur la population. Ainsi:

- Différents experts devraient être présents sur les lieux et travailler en étroite collaboration dans des domaines qui devraient en principe couvrir: l'évolution de l'agent en cause dans l'environnement, ses propriétés toxiques pour les humains et le biote, les méthodes analytiques, la médecine et la pathologie cliniques, les biostatistiques et l'épidémiologie.
- A la lumière des données préexistantes ou des premières données recueillies, il convient d'élaborer dès que possible un plan

## Convention (n° 174) de l'Organisation internationale du Travail (OIT) concernant la prévention des accidents industriels majeurs, 1993

Adoptée le 22 juin 1993 par la 80<sup>e</sup> session de la Conférence internationale du Travail

### PARTIE I. CHAMP D'APPLICATION ET DÉFINITIONS

#### Article 1

1. La présente convention a pour objet la prévention des accidents majeurs mettant en jeu des produits chimiques dangereux et la limitation des conséquences de ces accidents [...]

#### Article 3

Aux fins de la convention:

- a) l'expression «produit dangereux» désigne un produit pur ou sous forme de mélange qui, du fait de propriétés chimiques, physiques ou toxicologiques, présente, seul ou en combinaison avec d'autres, un danger;
- b) l'expression «quantité seuil» désigne, pour chaque produit ou catégorie de produit dangereux, la quantité spécifiée par la législation nationale pour des conditions déterminées qui, si elle est dépassée, identifie une installation à risques d'accident majeur;
- c) l'expression «installation à risques d'accident majeur» désigne celle qui produit, transforme, manutentionne, utilise, élimine ou stocke, en permanence ou temporairement, un ou plusieurs produits ou catégories de produits dangereux en des quantités qui dépassent la quantité seuil;
- d) l'expression «accident majeur» désigne un événement soudain, tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure, dans le déroulement d'une activité au sein d'une installation à risques d'accident majeur, mettant en jeu un ou plusieurs produits dangereux et entraînant un danger grave, immédiat ou différé, pour les travailleurs, la population ou l'environnement;
- e) l'expression «rapport de sécurité» désigne un document écrit présentant des informations techniques, de gestion et de fonctionnement relatives aux dangers et risques que comporte une installation à risques d'accident majeur et à la maîtrise desdits dangers et risques, et justifiant les mesures prises pour la sécurité de l'installation;
- f) le terme «quasi-accident» désigne tout événement soudain mettant en jeu un ou plusieurs produits dangereux qui, en l'absence d'effets, d'actions ou de systèmes d'atténuation, aurait pu aboutir à un accident majeur.

### PARTIE II. PRINCIPES GÉNÉRAUX

#### Article 4

1. Tout Membre doit, eu égard à la législation, aux conditions et aux pratiques nationales et en consultation avec les organisations d'employeurs et de travailleurs les plus représentatives ainsi qu'avec d'autres parties intéressées pouvant être touchées, formuler, mettre en œuvre et revoir périodiquement une politique nationale cohérente relative à la protection des travailleurs, de la population et de l'environnement contre les risques d'accident majeur.

2. Cette politique doit être mise en œuvre par des mesures de prévention et de protection pour les installations à risques d'accident majeur et, dans la mesure où cela est réalisable, doit promouvoir l'utilisation des meilleures techniques de sécurité disponibles.

#### Article 5

1. L'autorité compétente ou un organisme agréé ou reconnu par l'autorité compétente doit, après consultation des organisations d'employeurs et de travailleurs les plus représentatives et d'autres parties intéressées pouvant être touchées, établir un système permettant

d'identifier les installations à risques d'accident majeur telles que définies à l'article 3 c) sur la base d'une liste de produits dangereux ou de catégories de produits dangereux, ou des deux, avec leurs quantités seuils respectives, conformément à la législation nationale ou aux normes internationales.

2. Le système mentionné au paragraphe 1 ci-dessus doit être revu et mis à jour régulièrement.

#### Article 6

Après consultation des organisations représentatives d'employeurs et de travailleurs intéressées, l'autorité compétente doit prendre des dispositions spéciales afin de protéger les informations confidentielles qui lui sont transmises ou fournies conformément à l'un quelconque des articles 8, 12, 13 ou 14, dont la divulgation serait de nature à nuire aux activités d'un employeur, pour autant que cette disposition n'entraîne pas de risque sérieux pour les travailleurs, la population ou l'environnement.

### PARTIE III. RESPONSABILITÉS DES EMPLOYEURS

#### IDENTIFICATION

##### Article 7

Les employeurs doivent identifier toute installation à risques d'accident majeur dont ils ont le contrôle, sur la base du système visé à l'article 5.

#### NOTIFICATION

##### Article 8

1. Les employeurs doivent notifier à l'autorité compétente toute installation à risques d'accident majeur qu'ils auront identifiée:

- a) selon un calendrier fixé dans le cas d'une installation existante;
- b) avant sa mise en service dans le cas d'une nouvelle installation.

2. La fermeture définitive d'une installation à risques d'accident majeur doit également faire l'objet d'une notification préalable à l'autorité compétente par les employeurs.

#### DISPOSITIONS À PRENDRE AU NIVEAU DE L'INSTALLATION

##### Article 9

Pour toute installation à risques d'accident majeur, les employeurs doivent instituer et entretenir un système documenté de prévention et de protection de ces risques comportant:

- a) l'identification et l'analyse des dangers ainsi que l'évaluation des risques, y compris la prise en considération des interactions possibles entre les produits;
- b) des mesures techniques portant notamment sur la conception, les systèmes de sécurité, la construction, le choix de produits chimiques, le fonctionnement, l'entretien et l'inspection systématique de l'installation;
- c) des mesures d'organisation portant notamment sur la formation et l'instruction du personnel, la fourniture d'équipement pour assurer sa sécurité, le niveau des effectifs, les horaires de travail, la répartition des responsabilités ainsi que le contrôle des entreprises extérieures et des travailleurs temporaires opérant sur le site de l'installation;
- d) des plans et procédures d'urgence comportant notamment:
  - i) l'élaboration de plans et de procédures d'urgence efficaces, y compris des procédures médicales d'urgence,

à appliquer sur site en cas d'accident majeur ou de menace d'un tel accident, la vérification et l'évaluation périodiques de l'efficacité desdits plans et procédures et leur révision lorsque cela est nécessaire;

- ii) la fourniture d'informations sur les accidents possibles et les plans d'intervention sur site aux autorités et aux organes chargés d'établir les plans et les procédures d'intervention visant à protéger la population et l'environnement en dehors du site de l'installation;
- iii) toutes consultations nécessaires avec ces autorités et organes;
- e) des mesures visant à limiter les conséquences d'un accident majeur;
- f) la consultation avec les travailleurs et leurs représentants;
- g) des dispositions visant à améliorer le système, y compris des mesures pour rassembler des informations et analyser les accidents et les quasi-accidents. Les enseignements qui en sont tirés doivent être discutés avec les travailleurs et leurs représentants, et doivent être consignés, conformément à la législation et à la pratique nationale [...]

#### PARTIE IV. RESPONSABILITÉS DES AUTORITÉS COMPÉTENTES

##### PLANS D'URGENCE HORS SITE

###### Article 15

En tenant compte des informations fournies par l'employeur, l'autorité compétente doit faire en sorte que des plans et procédures d'urgence comportant des dispositions en vue de protéger la population et l'environnement en dehors du site de chaque installation à risques d'accident majeur soient établis, mis à jour à des intervalles appropriés, et coordonnés avec les autorités et instances concernées.

###### Article 16

L'autorité compétente doit faire en sorte que:

- a) des informations sur les mesures de sécurité à prendre et la conduite à suivre en cas d'accident majeur soient diffusées auprès des populations susceptibles d'être affectées par un accident majeur, sans qu'elles aient à le demander, et que ces informations soient mises à jour et rediffusées à intervalles appropriés;
- b) en cas d'accident majeur, l'alerte soit donnée dès que possible;
- c) lorsque les conséquences d'un accident majeur pourraient dépasser les frontières, les informations requises aux alinéas a) et b) ci-dessus soient fournies aux Etats concernés, afin de contribuer aux mesures de coopération et de coordination.

##### IMPLANTATION DES INSTALLATIONS À RISQUES D'ACCIDENT MAJEUR

###### Article 17

L'autorité compétente doit élaborer une politique globale d'implantation prévoyant une séparation convenable entre les installations à risques d'accidents majeur projetées et les zones résidentielles, les zones de travail ainsi que les équipements publics et, dans le cas d'installations existantes, toutes mesures convenables. Cette politique doit s'inspirer des principes généraux énoncés dans la partie II de la convention.

##### INSPECTION

###### Article 18

1. L'autorité compétente doit disposer d'un personnel dûment qualifié, formé et compétent, s'appuyant sur suffisamment de moyens, de techniciens et de spécialistes pour inspecter, enquêter, fournir une évaluation et des conseils sur les questions traitées dans la convention et assurer le respect de la législation nationale.

Source: convention de l'OIT (n° 174), 1993, extraits.

2. Des représentants de l'employeur et des travailleurs d'une installation à risques d'accident majeur devront avoir la possibilité d'accompagner les inspecteurs lorsqu'ils contrôlent l'application des mesures prescrites en vertu de la présente convention à moins que ceux-ci n'estiment, à la lumière des directives générales de l'autorité compétente, que cela risque de porter préjudice à l'efficacité de leur contrôle.

###### Article 19

L'autorité compétente doit avoir le droit de suspendre toute opération qui présente une menace imminente d'accident majeur.

#### PARTIE V. DROITS ET OBLIGATIONS DES TRAVAILLEURS ET DE LEURS REPRÉSENTANTS

###### Article 20

Dans une installation à risques d'accident majeur, les travailleurs et leurs représentants doivent être consultés, selon des procédures appropriées de coopération, afin d'établir un système de travail sûr. En particulier, les travailleurs et leurs représentants doivent:

- a) être informés de manière suffisante et appropriée des dangers liés à cette installation et de leurs conséquences possibles;
- b) être informés de toutes instructions ou recommandations émanant de l'autorité compétente;
- c) être consultés lors de l'élaboration des documents suivants et y avoir accès:
  - i) rapport de sécurité;
  - ii) plans et procédures d'urgence;
  - iii) rapports sur les accidents;
- d) recevoir régulièrement des instructions et une formation sur les pratiques et procédures pour la prévention des accidents majeurs et la maîtrise des événements susceptibles de conduire à de tels accidents ainsi que sur les procédures d'urgence à suivre en cas d'accident majeur;
- e) dans les limites de leur fonction et sans que cela puisse être retenu d'aucune manière à leur détriment, prendre des mesures correctives et, si nécessaire, interrompre l'activité lorsque, sur la base de leur formation et de leur expérience, ils ont un motif raisonnable de croire qu'il existe un danger imminent d'accident majeur, et en informer leur supérieur ou, selon le cas, déclencher l'alarme avant ou aussitôt que possible après avoir pris lesdites mesures;
- f) discuter avec l'employeur de tout danger potentiel qu'ils considèrent susceptible de causer un accident majeur et avoir le droit de notifier ces dangers à l'autorité compétente.

###### Article 21

Les travailleurs employés sur le site d'une installation à risques d'accident majeur doivent:

- a) se conformer à toutes les pratiques et procédures se rapportant à la prévention des accidents majeurs et à la maîtrise des événements susceptibles de conduire à de tels accidents;
- b) se conformer à toutes les procédures d'urgence au cas où un accident majeur viendrait à se produire.

#### PARTIE VI. RESPONSABILITÉ DES ÉTATS EXPORTATEURS

###### Article 22

Lorsque, dans un Etat Membre exportateur, l'utilisation de produits, technologies ou procédés dangereux est interdite en tant que source potentielle d'accident majeur, cet Etat devra mettre à la disposition de tout pays importateur les informations relatives à cette interdiction ainsi qu'aux raisons qui l'ont motivée.

Tableau 39.13 • Rôle de l'exploitant dans le système de prévention et de protection

Mesures à prendre selon la législation			En cas d'accident majeur	
Communiquer une notification aux autorités compétentes	Fournir des informations sur toute modification importante	Préparer un plan d'intervention dans les installations	Informers la population	Déclarer l'accident à l'autorité compétente
Etablir et soumettre le rapport de sûreté	Fournir des informations complémentaires sur demande	Fournir aux autorités locales les informations dont elles ont besoin pour élaborer un plan d'intervention à l'extérieur des installations		Fournir des informations sur l'accident

Source: d'après BIT, 1993.

d'étude général afin de déterminer les objectifs, les problèmes et les besoins en ressources.

- Les premières interventions ont une incidence sur le déroulement de toutes les activités menées par la suite. Comme à peu près tous les types de catastrophes industrielles sont susceptibles d'avoir des effets à long terme, il convient de veiller très sérieusement à ce que les données requises puissent être disponibles lorsqu'on en aura besoin ultérieurement (identification exacte des personnes exposées en vue du suivi, par exemple).

- En ce qui concerne les études à long terme, la faisabilité doit être un critère prioritaire, afin de faciliter les travaux scientifiques et les mesures de santé publique, ainsi que la clarté des communications.
- Dans l'ensemble, pour des raisons de validité scientifique et d'efficacité économique, il est préférable de s'appuyer si possible sur des données objectives, que ce soit pour identifier et dénombrer la population étudiée (lieu de résidence), ou pour estimer l'exposition (mesures environnementales et biologiques) et choisir les indicateurs appropriés (mortalité).

Tableau 39.14 • Etude des dangers: méthodes

Méthode	Objet	But	Moyens
1. Etude préliminaire des dangers	1. Détermination des dangers	1. Adéquation du système de sûreté	1. Canevas logiques
2. Matrices d'interactions			
3. Listes de contrôle			
4. Analyse des effets des défaillances			2. Canevas d'investigation, diagrammes et schémas
5. Etude systématique des dangers et des conditions de fonctionnement			
6. Analyse du déroulement des accidents (inductive)	2. Détermination de la probabilité d'apparition des risques	2. Optimisation des systèmes de sécurité (disponibilité, fiabilité)	3. Arbre des enchaînements, arbre des causes, calcul des probabilités
7. Analyse régressive du processus causal (déductive)			
8. Analyse des conséquences des accidents	3. Détermination des conséquences	3. Atténuation des conséquences, optimisation des plans d'intervention	4. Modèles mathématiques des processus physiques et chimiques

Source: BIT, 1993.

### La prévention des accidents majeurs dans les installations à haut risque

On trouvera ci-après un certain nombre d'indications pour la mise en place d'un système de prévention destiné aux installations présentant des risques d'accident majeur. La première partie de l'exposé repose sur deux documents de l'Organisation internationale du Travail (OIT) et une convention de la même organisation (voir encadré p. 39.8) et, la seconde, sur une directive du Conseil des Communautés européennes.

### La perspective de l'Organisation internationale du Travail

Le texte qui suit est en bonne partie tiré de deux publications: *Prévention des accidents industriels majeurs* (BIT, 1991) et *La maîtrise des risques d'accident majeur: guide pratique* (BIT, 1993), complétées et actualisées par la convention (n° 174) sur la prévention des accidents industriels majeurs, 1993 (voir encadré). Chacun de ces documents vise à protéger les travailleurs, la population et l'environnement contre les risques d'accident majeur en proposant des mesures pour: 1) prévenir ces accidents dans les installations industrielles à hauts risques; 2) limiter le plus possible leurs conséquences sur site et hors site, notamment par a) l'aménagement d'un périmètre de sécurité entre les installations présentant des risques d'accident majeur et les habitations et autres établissements du voisinage fréquentés par la population, tels qu'hôpitaux, écoles et magasins; et b) l'élaboration de plans d'intervention appropriés.

On trouvera plus de précisions à ce sujet dans la convention de l'OIT de 1993, dont un aperçu est proposé ci-après.

Les installations présentant des risques d'accident majeur peuvent, en raison de la nature et de la quantité des produits dangereux qui s'y trouvent, provoquer un *accident majeur* relevant de l'une des catégories générales suivantes:

- le rejet de produits toxiques, en quantités de l'ordre de la tonne, létales ou nocives même à des distances considérables du point d'émission en raison de la contamination de l'air, de l'eau ou du sol;

- le rejet de produits très toxiques, en quantités de l'ordre du kilogramme, létales ou nocives même à des distances considérables du point d'émission;
- le rejet, en quantités de l'ordre de la tonne, de liquides ou de gaz inflammables qui risquent soit de brûler en produisant un rayonnement thermique intense, soit de former un nuage de vapeurs explosives;
- l'explosion de produits instables ou réactifs.

### Les obligations des Etats Membres

En vertu de la convention de 1993, les Etats Membres qui ne peuvent mettre en œuvre immédiatement toutes les mesures de prévention et de protection prévues doivent:

- en consultation avec les organisations d'employeurs et de travailleurs les plus représentatives, ainsi qu'avec d'autres parties intéressées pouvant être touchées, élaborer des plans en vue de la mise en œuvre progressive desdites mesures dans un délai précis;
- mettre en œuvre et revoir périodiquement une politique nationale cohérente relative à la protection des travailleurs, de la population et de l'environnement contre les risques d'accident majeur;
- mettre en œuvre cette politique par des mesures de prévention et de protection et, dans la mesure où cela est réalisable, promouvoir l'utilisation des meilleures techniques de sécurité disponibles;
- appliquer la convention, eu égard à la législation et aux pratiques nationales.

### Les composantes du système de prévention des risques d'accident majeur et d'intervention en cas d'accident

La grande diversité des accidents majeurs a conduit à dégager la notion de risque d'accident majeur pour toute activité industrielle nécessitant des mesures de sécurité plus poussées que les activités normales, afin de protéger aussi bien les travailleurs que les personnes qui vivent et travaillent à l'extérieur de l'établissement. Ces mesures de sécurité visent non seulement à prévenir les accidents, mais aussi, le cas échéant, à en atténuer les conséquences.

La prévention doit être fondée sur une approche systématique, dont voici les principaux éléments:

- *identification des installations présentant des risques d'accident majeur au moyen d'une liste — assortie de quantités seuil — de substances dangereuses.* Les autorités gouvernementales et les exploitants devraient procéder d'urgence au recensement des installations présentant des risques d'accident majeur, et la liste de ces installations devrait être révisée et mise à jour régulièrement;
- *information sur les installations.* Après avoir identifié les installations présentant des risques d'accident majeur, il faut recueillir toutes les informations utiles sur leurs caractéristiques et leur fonctionnement. Ces informations doivent être réunies et présentées de façon systématique et tenues à la disposition de toutes les parties concernées, à l'intérieur de la branche d'activité et en dehors. Pour obtenir un tableau complet des risques, il faut parfois étudier la sûreté de l'installation et procéder à une évaluation des dangers qu'elle présente, afin de découvrir les défaillances éventuelles des procédés et d'établir des priorités pour l'analyse des risques;
- *dispositions spéciales visant à protéger le caractère confidentiel des informations;*
- *tâche des exploitants.* Il incombe au premier chef à l'exploitant d'assurer la sûreté de fonctionnement de l'installation en appliquant une politique rationnelle en matière de sécurité. L'inspection technique, l'entretien, la modification des installations, la formation et la sélection du personnel compétent sont autant

d'activités qui doivent être exécutées conformément à des procédures standards de contrôle de la qualité dans les installations présentant des risques d'accident majeur. Outre l'établissement d'un rapport de sécurité, l'exploitant devrait procéder à une enquête après tout accident et en communiquer les résultats aux autorités compétentes;

- *tâches des pouvoirs publics et autres autorités compétentes.* Il appartient aux autorités d'évaluer les dangers des activités pour lesquelles elles sont appelées à délivrer des autorisations (s'il y a lieu), d'assurer l'inspection et de veiller à l'application de la loi. L'établissement de plans d'occupation des sols peut réduire sensiblement les risques de catastrophe. La formation des inspecteurs est un autre aspect important qui relève de la responsabilité des pouvoirs publics ou d'autres autorités compétentes;
- *plans d'intervention.* Ces plans ont pour but d'atténuer les conséquences des accidents majeurs. Des plans distincts doivent être élaborés pour l'organisation des interventions à l'intérieur et à l'extérieur des installations.

### Les responsabilités des exploitants

Les installations qui présentent des risques d'accident majeur doivent être exploitées conformément à des normes très rigoureuses de sécurité. En outre, les exploitants ont un rôle extrêmement important à jouer dans l'organisation et la mise en œuvre du système de prévention. Comme l'indique le tableau 39.13, il leur appartient en particulier:

- de fournir l'information nécessaire à l'identification des installations présentant des risques d'accident majeur dans un délai précis;
- de procéder à l'étude des dangers;
- de soumettre aux autorités compétentes un rapport sur les résultats de l'étude des dangers;
- de prendre les mesures techniques appropriées en ce qui concerne notamment la conception, les systèmes de sécurité, la construction, le choix des produits chimiques, l'exploitation, l'entretien et l'inspection systématique des installations;
- de prendre les mesures de gestion appropriées en ce qui concerne notamment la formation et l'instruction du personnel et le niveau des effectifs;
- d'établir un plan d'intervention;
- de prendre toutes mesures utiles pour améliorer la sécurité des installations et limiter les conséquences d'un éventuel accident;
- de consulter les travailleurs et leurs représentants;
- d'améliorer le système de sécurité en tirant les enseignements de tout incident;
- de mettre en place des procédures de contrôle de qualité et de les vérifier périodiquement;
- d'aviser les autorités compétentes avant la fermeture définitive d'une installation présentant des risques d'accident majeur.

L'exploitant d'une installation susceptible d'entraîner un accident majeur doit avant tout s'attacher à prévenir ce risque. Pour cela, il faut qu'il connaisse la nature du danger, les événements qui pourraient provoquer un accident et les conséquences que celui-ci pourrait avoir. Autrement dit, pour pouvoir adopter des mesures efficaces, l'exploitant doit se poser les questions suivantes:

- Les produits toxiques, explosifs ou inflammables utilisés dans l'installation constituent-ils un risque d'accident majeur?
- Existe-t-il des produits chimiques ou des agents qui, s'ils entraient en interaction, pourraient présenter un risque toxique?
- Quelles sont les défaillances ou les erreurs qui pourraient provoquer des anomalies susceptibles d'entraîner un accident majeur?
- En cas d'accident majeur, quelles seraient les conséquences d'un incendie, d'une explosion ou d'un rejet de substances toxiques pour les travailleurs, pour la population vivant au

voisinage de l'installation, pour l'installation elle-même et pour l'environnement?

- Que peut-on faire pour prévenir un tel accident?
- Que peut-on faire pour atténuer les conséquences d'un éventuel accident?

#### **L'étude des dangers**

Pour répondre à ces questions, la meilleure approche consiste à effectuer une étude des dangers, afin d'établir pourquoi des accidents peuvent se produire et comment on peut les éviter ou, du moins, en atténuer les effets. Le tableau 39.14 récapitule les différentes méthodes de diagnostic des dangers.

#### **La sûreté de fonctionnement et d'exploitation**

On trouvera ci-après un aperçu général des dispositions à prévoir pour maîtriser les risques.

#### **La conception des éléments de l'installation**

Les différents éléments d'une installation doivent pouvoir résister aux contraintes suivantes: efforts statiques, efforts dynamiques, pressions internes et externes, corrosion, chocs thermiques, phénomènes extérieurs (vent, neige, séismes, mouvements du sol). Lors de la conception d'une installation présentant des risques d'accident majeur, l'exploitant doit donc considérer les normes de construction agréées comme des prescriptions minimales à respecter.

#### **Les systèmes de commande et de régulation**

Dans une installation conçue de manière à supporter toutes les contraintes susceptibles de s'exercer dans des conditions de fonctionnement normales ou dans les situations anormales prévues, c'est au système de régulation qu'il appartient de garantir le respect des limites de sécurité ainsi posées.

Tout dispositif de régulation oblige à surveiller à la fois les paramètres du processus et les éléments actifs de l'installation. Le personnel d'exploitation doit être suffisamment formé pour comprendre le fonctionnement et l'importance des systèmes de régulation. Pour qu'il n'ait pas à s'en remettre entièrement au bon fonctionnement de systèmes automatiques, il convient de combiner ceux-ci avec des alarmes acoustiques ou optiques.

Il faut savoir aussi que tout système de régulation peut présenter des problèmes de fonctionnement dans certaines situations, par exemple pendant les phases de démarrage et d'arrêt, qui exigent une attention particulière. C'est pourquoi l'exploitant doit vérifier régulièrement les procédures de contrôle de qualité en vigueur dans son établissement.

#### **Les systèmes de sécurité**

Toutes les installations présentant des risques d'accident majeur doivent être équipées de systèmes de sécurité, dont la nature et la conception dépendent des dangers qui leur sont propres. Voici un aperçu des systèmes de sécurité existants:

- systèmes visant à éviter tout écart par rapport aux conditions d'exploitation admissibles;
- systèmes visant à prévenir toute défaillance des éléments critiques sous l'angle de la sécurité;
- systèmes visant à assurer l'alimentation en énergie;
- systèmes d'alarme;
- dispositifs de protection;
- mesures visant à prévenir les erreurs humaines et les défauts d'organisation.

#### **L'entretien et la surveillance**

La sécurité d'un établissement et le bon fonctionnement des éléments critiques dépendent directement de la qualité de l'entretien et de la surveillance.

#### **L'inspection et les réparations**

Il est nécessaire d'établir un plan d'inspection des installations, destiné au personnel d'exploitation, fixant le calendrier des inspections et les procédures à suivre. Des règles strictes doivent être adoptées pour l'exécution des travaux de réparation.

#### **La formation**

Les personnes pouvant avoir aussi bien une influence négative qu'une influence positive sur la sécurité, il faut s'attacher à réduire la première et à favoriser la seconde. On peut atteindre ces deux objectifs en sélectionnant le personnel avec soin et en lui assurant une bonne formation, complétée par des évaluations périodiques.

#### **L'atténuation des conséquences**

Même lorsqu'on a évalué les dangers et pris les mesures voulues pour y faire face, on ne peut exclure totalement la possibilité d'un accident. C'est pourquoi le souci de la sécurité doit aussi conduire à prévoir et à mettre en œuvre des dispositions pour limiter les conséquences d'un éventuel accident.

Ces mesures doivent être adaptées aux risques identifiés. Elles doivent en outre être complétées par une formation adéquate du personnel d'exploitation, des équipes d'intervention et des responsables des services publics. Seuls la formation et les exercices de simulation permettent de rendre les plans d'intervention suffisamment réalistes pour s'avérer efficaces en cas de besoin.

#### **Les rapports de sécurité aux autorités compétentes**

Selon les dispositions en vigueur dans le pays, l'exploitant d'une installation présentant des risques d'accident majeur est en principe tenu de soumettre certaines informations aux autorités compétentes. Cette obligation comporte souvent trois volets:

- identification/notification de l'installation présentant des risques d'accident majeur (y compris toute modification envisagée);
- soumission de rapports de sécurité périodiques (révisés en fonction de toute modification apportée à l'installation);
- déclaration immédiate de tout accident, suivie d'un rapport détaillé.

#### **Les droits et les obligations des travailleurs et de leurs représentants**

Les travailleurs et leurs représentants doivent être consultés, selon des mécanismes de coopération appropriés, sur tout ce qui peut contribuer à la sécurité de leur environnement professionnel. Ils doivent pouvoir donner leur avis, en particulier lors de l'élaboration des rapports de sécurité ainsi que des plans et procédures d'intervention et des comptes rendus d'accident, et avoir accès à ces documents. Ils doivent recevoir une formation en matière de prévention des risques et d'intervention en cas d'accident majeur. Enfin, les travailleurs et leurs représentants doivent avoir la possibilité, dans les limites de leurs fonctions, de prendre des mesures correctives lorsqu'ils ont un motif raisonnable de croire qu'il existe un risque imminent d'accident majeur. Ils ont également le droit de notifier tout danger aux autorités compétentes.

Les travailleurs ont l'obligation d'appliquer toutes les mesures prévues pour la prévention des accidents majeurs et la maîtrise des événements susceptibles de conduire à de tels accidents. Ils doivent également, le cas échéant, se conformer à toutes les procédures arrêtées dans les plans d'intervention en cas d'accident.

#### **La mise en œuvre du système de prévention des risques d'accident majeur et d'intervention en cas d'accident**

S'il existe des installations qui utilisent et qui stockent de grandes quantités de substances dangereuses dans la plupart des pays du monde, en revanche on constate des disparités importantes d'un

pays à l'autre quant aux systèmes de prévention des risques que de telles activités représentent. Il faudra donc plus ou moins de temps pour mettre en œuvre un système de prévention des risques d'accident majeur, selon les structures que le pays possède déjà, notamment en ce qui concerne le personnel (un corps d'inspecteurs compétents et expérimentés) et les moyens dont il dispose aux niveaux local et national pour organiser les différents éléments du système. Dans tous les pays, cependant, il faudra définir un ordre de priorité et instaurer le système par étapes.

### L'identification des installations présentant des risques d'accident majeur

Il est indispensable, pour mettre en place un système de prévention des risques d'accident majeur, de commencer par donner une définition des installations présentant de tels risques. Certains pays l'ont déjà fait, en particulier ceux de l'Union européenne, mais quel que soit le pays considéré, cette définition doit correspondre aux priorités et à la situation locales, notamment sur le plan industriel.

Toute définition des installations présentant des risques d'accident majeur sera vraisemblablement fondée sur une liste de substances dangereuses, assortie pour chacune d'elles d'une quantité seuil, de façon que toute installation qui stocke ou utilise ces substances en quantité supérieure à la quantité indiquée soit considérée comme une installation à haut risque. On recensera ensuite les installations répondant à la définition arrêtée, en les localisant sur le territoire de la région ou du pays considérés. Si un pays souhaite dénombrer les installations présentant des risques d'accident majeur avant même d'avoir adopté la législation requise à ce sujet, il pourra déjà réaliser de grands progrès, surtout s'il peut compter sur la coopération des entreprises, en faisant appel à des sources d'information telles que les dossiers des services d'inspection, les renseignements communiqués par les organismes professionnels compétents, etc. Il pourra dresser ainsi une liste provisoire qui permettra non seulement d'établir rapidement les priorités en matière d'inspection, mais également d'évaluer les ressources requises pour la mise en place des différentes composantes du système de prévention.

### La constitution d'un groupe d'experts

Dans les pays qui envisagent de créer un système de prévention des risques d'accident majeur, l'une des premières mesures à prendre sera sans doute de constituer, au sein des services officiels, un groupe d'experts qui arrêtera son programme de travail immédiat et fixera les tâches prioritaires. Ce groupe pourra être appelé à former le personnel aux techniques de contrôle des installations présentant des risques d'accident majeur et aux normes d'exploitation. Il devrait également pouvoir fournir un avis sur l'implantation des nouvelles installations et l'occupation des sols dans les zones circonvoisines. Enfin, il établira des contacts avec des experts d'autres pays pour se tenir au courant de ce qui se fait ailleurs dans son domaine de compétence.

### La préparation de plans d'intervention sur site

Pour mettre au point des plans d'intervention à l'intérieur des installations présentant des risques d'accident majeur, il convient d'identifier les accidents qui pourraient s'y produire et la manière dont il faudrait y faire face. Il est indispensable pour cela que les exploitants disposent du personnel et du matériel nécessaires; il importe de vérifier que tel est bien le cas. Les plans en question devraient comprendre les éléments suivants:

- évaluation de la nature et de l'importance des accidents potentiels ainsi que de leur probabilité;
- description du plan et liaison avec les autorités et les services d'intervention extérieurs;

- procédures: a) de déclenchement de l'alerte; b) de communication à l'intérieur des installations et avec l'extérieur;
- désignation des responsables des secours et description de leurs fonctions et responsabilités;
- établissement d'un poste de commandement;
- mesures à prendre à l'intérieur et à l'extérieur des installations.

### La préparation de plans d'intervention à l'extérieur des installations

Cet aspect du système de prévention et d'intervention a reçu moins d'attention jusqu'ici que les mesures à prendre à l'intérieur des installations, et de nombreux pays devront s'y intéresser pour la première fois. Le plan d'intervention extérieur sera fonction de la nature des accidents potentiels identifiés par l'exploitant, de leur probabilité et de la distance des zones d'habitation ou d'activité avoisinantes. Il doit prévoir les dispositions à prendre pour alerter et évacuer rapidement la population compte tenu des conditions locales. Les constructions en dur, par exemple, offrent une bonne protection contre les nuages de gaz toxiques, contrairement à l'habitat précaire des bidonvilles.

Le plan d'intervention extérieur doit indiquer les organismes dont le concours pourra être nécessaire en cas d'accident; ceux-ci devront connaître exactement le rôle qu'ils auront à jouer. Les hôpitaux et le personnel médical, par exemple, devraient déterminer comment ils prendront en charge un afflux important de victimes et quel traitement leur administrer. Il faudra procéder régulièrement à des exercices pratiques, avec la participation de la population, pour tester l'efficacité du dispositif.

Si l'on prévoit que tel ou tel accident majeur pourrait avoir des conséquences au-delà des frontières nationales, il faut que les autorités des pays concernés en soient pleinement informées et que des mesures de coopération et de coordination leur soient proposées.

### L'implantation géographique des installations

La raison d'être d'une politique judicieuse d'implantation des installations présentant des risques d'accident majeur est claire: puisqu'il est impossible de garantir la sécurité absolue, il faut éloigner ces installations des zones d'habitation ou d'activité. Il conviendra peut-être, dans un premier temps, de mettre l'accent sur l'implantation des installations nouvelles, en veillant à empêcher la construction d'habitations et l'apparition de bidonvilles à proximité, comme cela se produit souvent dans bien des pays.

### La formation des inspecteurs

Les inspecteurs auront sans doute, dans de nombreux pays, un rôle de premier plan dans la mise en œuvre du système de prévention des risques d'accident majeur. Ils devront avoir les connaissances voulues pour identifier rapidement ce type de risques. Les inspecteurs généralistes pourront se faire assister par des spécialistes pour les aspects très techniques que comporte souvent l'inspection des installations à haut risque.

Pour remplir leurs fonctions, les inspecteurs devront avoir les qualifications et la formation appropriées. Ce sont vraisemblablement les entreprises elles-mêmes qui disposeront des moyens les plus importants et des compétences techniques les plus larges pour contribuer à cette formation.

Les autorités compétentes auront le droit de suspendre l'activité de toute installation présentant une menace imminente d'accident majeur.

### L'évaluation des risques d'accident majeur

Cette évaluation devrait être effectuée si possible par des spécialistes, avec le concours de l'exploitant le cas échéant. Il s'agit d'une étude systématique des risques d'accident majeur, semblable, bien que moins détaillée, à celle que l'exploitant doit effectuer

Tableau 39.15 • Substances dangereuses selon la directive des Communautés européennes

**Substances toxiques et très toxiques**

Substances caractérisées par les valeurs suivantes de toxicité aiguë et par des propriétés physiques et chimiques pouvant entraîner des risques d'accident majeur:

	Dose létale 50 par voie orale (rat) mg/kg poids corporel	Dose létale 50 par voie cutanée (rat, lapin) mg/kg poids corporel	Concentration létale médiane par inhalation (4 h) (rat) mg/l
1.	$DL^{50} \leq 5$	$DL^{50} \leq 10$	$CL^{50} \leq 0,10$
2.	$5 < DL^{50} \leq 25$	$10 < DL^{50} \leq 50$	$0,1 CL^{50} \leq 0,5$
3.	$25 < DL^{50} \leq 200$	$50 < DL^{50} \leq 400$	$0,5 CL^{50} \leq 2$

**Substances inflammables**

1. Gaz inflammables: substances qui, à l'état gazeux à la pression normale et mélangées à l'air, deviennent inflammables et dont le point d'ébullition est égal ou inférieur à 20 °C à la pression normale.
2. Liquides hautement inflammables: substances dont le point d'éclair est inférieur à 21 °C et dont le point d'ébullition est supérieur à 20 °C à la pression normale.
3. Liquides inflammables: substances dont le point d'éclair est inférieur à 55 °C et qui restent à l'état liquide sous l'effet d'une pression, dans la mesure où certains modes de traitement tels que pression et température élevées peuvent entraîner des risques d'accident majeur.

**Substances explosibles**

Substances qui peuvent exploser sous l'effet d'une flamme ou qui sont plus sensibles aux chocs ou aux frottements que le dinitrobenzène.

**Substances comburantes**

Substances qui, en contact avec d'autres, notamment avec des substances inflammables, présentent une réaction fortement exothermique.

Source: d'après BIT, 1993.

pour établir le rapport de sûreté à l'intention des services d'inspection et le plan d'intervention à l'intérieur des installations.

L'évaluation portera sur toutes les opérations de manutention et de transport des substances dangereuses.

Elle s'intéressera aussi aux conséquences éventuelles d'une instabilité des procédés de fabrication ou de toute modification importante des paramètres d'exploitation.

Il conviendra d'examiner également l'emplacement des éléments de stockage ou de mise en œuvre des substances dangereuses les uns par rapport aux autres.

De même, il faudra déterminer les conséquences des défauts d'alimentation en énergie ou en fluides d'exploitation.

Enfin, les conséquences des accidents majeurs susceptibles de se produire seront évaluées pour la population des zones circonvoisines; ce critère devrait être déterminant pour la délivrance des autorisations d'exploitation.

**L'information de la population**

On a pu constater, à l'occasion d'accidents majeurs, en particulier lors de rejets toxiques, qu'il est extrêmement important d'informer préventivement la population des zones situées autour des installations sur: a) la façon dont elle serait avertie de l'existence

d'une situation d'urgence; b) le comportement à adopter; c) les soins à administrer aux personnes atteintes.

Quand la population vit dans des habitations en dur, on conseille généralement aux gens de rentrer chez eux, de fermer toutes les issues, de débrancher tous les appareils de ventilation ou de climatisation et d'écouter la radio locale pour recevoir des instructions.

On ne saurait évidemment donner à la population les mêmes recommandations lorsqu'elle vit en grande partie dans des bidonvilles, situation qui peut alors rendre nécessaire une évacuation générale en cas d'accident.

**Les conditions préalables à la mise en œuvre du système de prévention des risques d'accident majeur et d'intervention en cas d'accident**

**Le personnel**

La mise en œuvre d'un système complet de prévention des risques d'accident majeur et d'intervention en cas d'accident exige, en dehors des ingénieurs et des techniciens chargés directement ou indirectement d'assurer la sécurité d'exploitation des installations, un personnel diversifié pour la conduite des inspections (inspecteurs généralistes, inspecteurs spécialisés), le diagnostic des risques, l'établissement des plans d'intervention en cas d'accident, le contrôle de qualité, l'étude des plans d'occupation des sols, les services médicaux et hospitaliers, la police, les services de gestion des eaux fluviales, sans compter le personnel que requiert le travail législatif et réglementaire.

La plupart des pays ne disposant sans doute que de ressources en personnel limitées, il est primordial de définir de façon réaliste les tâches prioritaires.

**Le matériel**

Il est possible d'aller assez loin dans la mise en place du système de prévention des risques d'accident majeur avec très peu de moyens matériels. Les inspecteurs n'ont pas besoin de beaucoup plus que le matériel d'inspection dont ils disposent déjà. Il faut, en revanche, développer les connaissances et l'expérience technique et assurer la transmission des informations du groupe d'experts à tous les éléments du dispositif: instituts du travail régionaux, organes d'inspection, entreprises. Des possibilités et des moyens de formation supplémentaires devront être créés s'il y a lieu.

**L'information**

Il est capital, pour la mise en place du système de prévention des risques d'accident majeur, d'avoir accès aux informations pertinentes et d'en assurer la transmission rapide à tous ceux qui en ont besoin pour leurs tâches de sécurité.

Il existe une abondante documentation sur les différents aspects de la prévention des risques d'accident majeur; utilisée de manière sélective, elle constitue une source d'information importante pour le groupe d'experts.

**La responsabilité des pays exportateurs**

Lorsque, dans un pays membre exportateur, l'utilisation de produits, de technologies ou de procédés dangereux est interdite parce qu'elle constitue une source potentielle d'accident majeur, ce pays doit mettre à la disposition de tout pays importateur les informations relatives à cette interdiction, ainsi qu'aux raisons qui l'ont motivée.

L'une des recommandations non contraignantes issues de la convention de 1993 concerne la dimension transnationale des risques d'accident majeur. Elle dispose qu'une entreprise nationale ou multinationale comptant plus d'un établissement ou plus d'une installation devrait prévoir, pour tous ses travailleurs et dans tous ses établissements, indépendamment du lieu ou du pays

Tableau 39.16 • Produits chimiques à considérer en priorité pour l'identification des installations présentant des risques d'accident majeur

Dénomination	Quantité (>)	N° dans la directive CE
<b>Substances inflammables en général</b>		
Gaz inflammables	200 t	124
Liquides hautement inflammables	50 000 t	125
<b>Substances inflammables particulières</b>		
Hydrogène	50 t	24
Oxyde d'éthylène	50 t	25
<b>Substances explosibles</b>		
Nitrate d'ammonium	2 500 t	146 a
Nitroglycérine	10 t	132
Trinitrotoluène	50 t	145
<b>Substances toxiques</b>		
Acrylonitrile	200 t	18
Ammoniac	500 t	22
Chlore	25 t	16
Dioxyde de soufre	250 t	148
Sulfure d'hydrogène	50 t	17
Cyanure d'hydrogène	20 t	19
Sulfure de carbone	200 t	20
Acide fluorhydrique	50 t	94
Acide chlorhydrique	250 t	149
Trioxyde de soufre	75 t	180
<b>Substances très toxiques</b>		
Isocyanate de méthyle	150 kg	36
Dichlorure de carbonyle (phosgène)	750 kg	15

Source: BIT, 1993.

d'implantation, des mesures de sécurité visant à prévenir les accidents majeurs et à maîtriser toute évolution susceptible de conduire à de tels accidents (on pourra se reporter à cet égard à la partie intitulée «Les catastrophes transfrontières» ci-dessus.)

### La directive européenne concernant les risques d'accidents majeurs liés à certaines activités industrielles

A la suite de divers accidents graves survenus dans l'industrie chimique au cours des vingt dernières années, plusieurs pays d'Europe occidentale ont adopté des dispositions législatives sur les activités comportant des risques d'accident majeur. Ces dispositions obligeaient les exploitants à fournir des informations sur les installations à haut risque en procédant à des études systématiques de sécurité. Après la catastrophe de Seveso (Italie) en 1976, le Conseil des Communautés européennes a établi une synthèse de

cette réglementation et arrêté une directive concernant les risques d'accidents majeurs de certaines activités industrielles. Ce texte, en vigueur depuis 1984, est souvent appelé directive de Seveso (Conseil des Communautés européennes, 1982, 1987).

Pour l'identification des installations présentant des risques d'accident majeur, la directive européenne utilise des critères fondés sur les propriétés toxiques, inflammables et explosibles des substances chimiques (voir tableau 39.15).

Elle donne en outre, en annexe, une liste de 180 substances assortie des quantités seuils. Quand ces substances sont présentes, dans une installation (ou un ensemble d'installations du même exploitant distantes de moins de 500 m les unes des autres), en quantités supérieures à celles indiquées dans la liste, l'activité est considérée comme présentant des risques d'accident majeur. Les quantités seuils s'échelonnent entre 1 kg pour les substances extrêmement toxiques et 50 000 tonnes pour les liquides hautement inflammables. Quelques substances devant faire l'objet d'un stockage séparé figurent sur une liste distincte.

En plus des gaz et liquides inflammables et des explosifs, la liste contient des produits chimiques comme l'ammoniac, le chlore, le dioxyde de soufre et l'acrylonitrile.

Pour faciliter l'application d'un système de prévention des risques d'accident majeur et inciter les autorités compétentes et les exploitants à le mettre en œuvre, il faut établir des priorités et concentrer les efforts sur les installations les plus dangereuses. Le tableau 39.16 propose une liste de produits à considérer en priorité dans cette perspective.

Cette liste doit permettre de recenser un certain nombre d'installations présentant des risques d'accident majeur. Si le nombre de ces installations est trop grand en regard des moyens dont disposent les autorités, il conviendra d'établir de nouvelles priorités en relevant les quantités seuils indiquées. On peut appliquer le même principe dans les entreprises pour délimiter des périmètres critiques. Vu la diversité et la complexité des activités industrielles en général, il est impossible de considérer que les installations comportant des risques d'accident majeur se limitent à certains secteurs. Toutefois, l'expérience montre que ces installations se rencontrent principalement dans:

- les raffineries et les usines pétrochimiques;
- les usines chimiques;
- les installations de stockage de gaz de pétrole liquéfié et leurs terminaux;
- les entrepôts et les centres de distribution de produits chimiques;
- les grands entrepôts d'engrais chimiques;
- les fabriques d'explosifs;
- les usines où du chlore est utilisé en grandes quantités.

## LA PRÉPARATION AUX CATASTROPHES

Peter J. Baxter

Au cours des vingt dernières années, les efforts déployés pour tenter d'atténuer l'impact des catastrophes — le plus souvent par des mesures de secours largement improvisées après coup — se sont peu à peu réorientés vers la prévision et la préparation. C'est de cette démarche que s'inspire en particulier le programme de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles (DIPCN) proclamée par l'Organisation des Nations Unies (ONU). Désormais, tout plan global de gestion des risques de catastrophes naturelles et technologiques comporte donc les quatre étapes ci-après:

- planification préalable;

- préparation aux situations d'urgence;
- intervention d'urgence;
- retour à la normale et reconstruction.

Pour se préparer aux catastrophes, il faut non seulement prendre des mesures de prévention ou de réduction des risques, mais aussi anticiper les situations d'urgence et développer les moyens d'intervention. L'étude des dangers et l'évaluation de la vulnérabilité sont deux activités scientifiques qui doivent servir de base aux actions concrètes décidées par les services d'intervention, en collaboration avec les planificateurs, pour réduire les risques et se préparer aux urgences.

La plupart des professionnels de la santé considèrent que leur rôle en matière de préparation aux catastrophes se limite à prévoir les soins d'urgence à dispenser à un grand nombre de victimes. Si l'on veut, à l'avenir, réduire de façon radicale l'impact des catastrophes, il faudra bien pourtant que le secteur de la santé soit associé à l'élaboration des mesures préventives et à toutes les étapes de la planification préalable, aux côtés des scientifiques, des ingénieurs et des décideurs. Cette approche interdisciplinaire pose un défi de taille au secteur de la santé en ce début de siècle, alors que les catastrophes, naturelles ou engendrées par l'activité humaine, se font de plus en plus destructrices et entraînent des pertes humaines et matérielles sans cesse plus lourdes étant donné l'expansion des populations dans le monde entier.

Les catastrophes naturelles soudaines ou de survenue rapide comprennent les phénomènes météorologiques extrêmes (inondations et vents violents), les tremblements de terre, les glissements de terrain, les éruptions volcaniques, les tsunamis et les incendies, qui ont tous à peu près les mêmes conséquences. La famine, la sécheresse et la désertification, en revanche, sont des processus plus lents, encore très mal compris aujourd'hui, et moins faciles à maîtriser. À l'heure actuelle, ce sont les guerres ou les catastrophes dites complexes (Soudan, Somalie ou ex-Yougoslavie, par exemple) qui sont les principales causes de la famine.

Les catastrophes naturelles et les catastrophes complexes ont en commun qu'elles provoquent des déplacements massifs de populations dont les besoins nutritionnels et sanitaires nécessitent une gestion spécialisée.

Le monde moderne est aussi de plus en plus habitué aux catastrophes technologiques ou d'origine humaine, comme la pollution atmosphérique, les incendies et les accidents chimiques et nucléaires, ces derniers étant les plus graves aujourd'hui. Le présent article porte sur la prévention des catastrophes chimiques, les accidents nucléaires étant abordés ailleurs dans la présente *Encyclopédie*.

### Les catastrophes naturelles soudaines

Dans cette catégorie, les catastrophes les plus destructrices sont les inondations, les ouragans, les tremblements de terre et les éruptions volcaniques. On a déjà largement fait état des succès obtenus en matière de prévention grâce aux systèmes d'alerte rapide, à la cartographie des risques et aux techniques de construction parasismiques. Ainsi, c'est la surveillance météorologique par satellite à l'échelle de la planète, conjuguée à un système régional d'alerte rapide et à une bonne planification des évacuations, qui explique les pertes humaines relativement réduites (14 morts) recensées après le passage du cyclone Hugo, le plus violent enregistré jusqu'ici dans les Caraïbes, sur la Jamaïque et les îles Caïmans, en 1988. De même, en 1991, lors d'une éruption volcanique parmi les plus violentes du siècle, l'alerte donnée par les scientifiques philippins qui surveillaient de près le Pinatubo a permis de sauver des milliers de vies humaines. Mais le recours à la technologie n'est que l'un des aspects des dispositions qui peuvent être prises pour limiter les conséquences d'un sinistre. Les lourdes pertes humaines et économiques engendrées par les catastrophes dans les pays en développement soulignent le rôle déterminant

que jouent les facteurs socio-économiques à cet égard, principalement la pauvreté et, par conséquent, la nécessité d'en tenir compte dans la mesure où ils contribuent à accroître la vulnérabilité.

Dans tous les pays, prévenir les catastrophes naturelles est une priorité parmi d'autres. C'est un objectif auquel on peut contribuer de différentes façons — techniques de construction, législation, éducation, etc. — dans le cadre d'un programme général de réduction des risques et de promotion d'une véritable culture de la sécurité dans l'ensemble de la société. C'est aussi une garantie de qualité des investissements (dans l'immobilier et les projets d'équipement, par exemple), indissociable de toute politique de développement durable.

### Les catastrophes technologiques

Il est évidemment impossible d'empêcher une catastrophe naturelle, c'est-à-dire un phénomène géologique ou météorologique, de se produire.

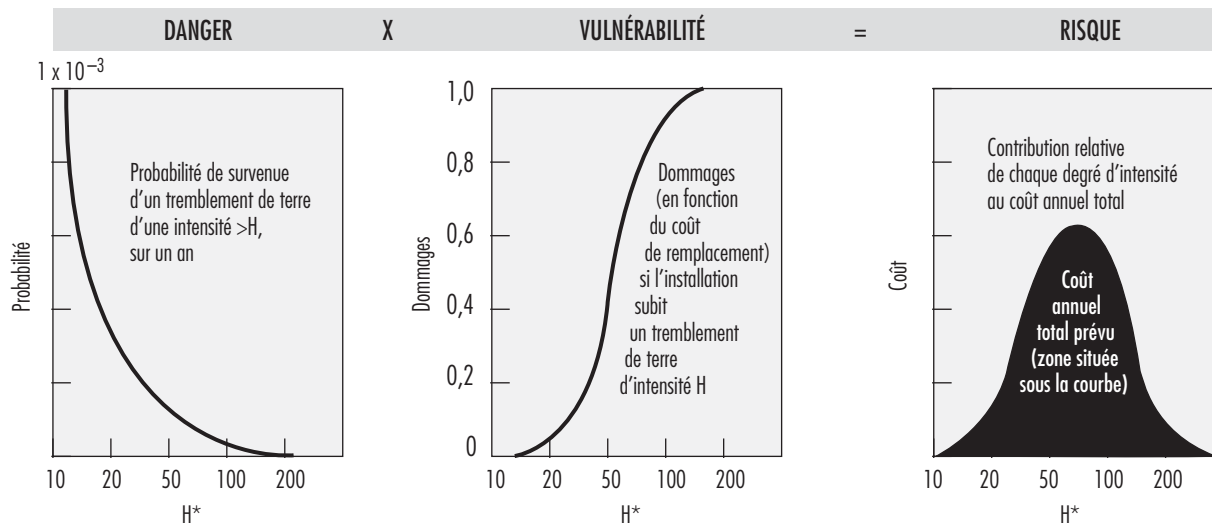
En revanche, on peut faire beaucoup pour prévenir les catastrophes technologiques en réduisant les risques lors de la conception des installations et en établissant des normes de sécurité très strictes. La directive européenne de Seveso constitue un exemple de ce type de réglementation, qui impose en outre l'adoption de plans d'intervention, à l'intérieur et à l'extérieur des établissements, pour faire face aux situations d'urgence.

Les accidents chimiques majeurs comprennent notamment les explosions de vapeurs ou de gaz inflammables, les incendies et les rejets de substances toxiques à partir d'installations dangereuses fixes ou pendant le transport et la distribution de produits chimiques. On s'est beaucoup intéressé, en particulier, au stockage de grandes quantités de gaz toxiques (dont le plus courant, le chlore, lorsqu'il est libéré brusquement à la suite d'une rupture de réservoir ou d'une fuite sur une canalisation, peut former de gros nuages toxiques plus lourds que l'air, capables de se déplacer sur de grandes distances dans le lit du vent); des modèles informatiques ont été mis au point pour étudier la dispersion des gaz denses en cas de dégagements soudains, dont on se sert pour établir des plans d'intervention. De même que l'on s'emploie actuellement à élaborer des scénarios prédictifs de dommages sismiques, on pourrait aussi se servir de ces modèles pour déterminer le nombre de victimes éventuelles d'une émission accidentelle prévisible.

### La prévention des catastrophes

La notion de catastrophe a été définie comme un bouleversement de l'environnement d'une collectivité humaine qui empêche celle-ci de fonctionner normalement. Il ne s'agit pas simplement d'un problème d'ordre quantitatif, comme celui que poserait, par exemple, la prise en charge d'un grand nombre de victimes par les services de santé ou d'intervention. C'est une situation à laquelle la collectivité concernée est incapable de faire face, pour des raisons qualitatives, sans une aide extérieure d'origine nationale ou internationale. Le terme *catastrophe* est trop souvent utilisé sans discernement pour décrire un incident grave, fortement médiatisé ou de nature politique, alors qu'il désigne en fait un véritable effondrement de la collectivité frappée par l'événement. Dans cette optique, la préparation aux catastrophes vise donc à permettre une continuité de fonctionnement en cas de crise, en évitant notamment la dislocation des services essentiels, afin de réduire la morbidité et la mortalité humaines ainsi que les pertes économiques. Une catastrophe peut se produire sans s'accompagner nécessairement d'un grand nombre de blessés graves, ainsi que l'illustre l'accident survenu dans une usine chimique à Seveso, en 1976 (lequel a donné lieu à une évacuation massive par crainte des effets nocifs à long terme d'une contamination du sol par la dioxine). L'expression «quasi-catastrophe» conviendrait peut-être mieux à certains événements qui n'engendrent parfois

Figure 39.4 • Le risque est le produit du danger et de la vulnérabilité: courbes caractéristiques



\* Intensité du mouvement de terrain, accélération spectrale à 0,2s (% de g).  
 Source: Coburn et Spence, 1992.

que des troubles psychologiques ou des réactions de stress (comme l'accident nucléaire de Three Mile Island, aux Etats-Unis, en 1979). Aussi longtemps que la terminologie n'aura pas été arrêtée, on s'en tiendra à la description donnée par Lechat des objectifs sanitaires de la gestion des catastrophes, à savoir:

- prévenir ou réduire la mortalité due à l'événement, à la lenteur des opérations de secours et à l'absence de soins adéquats;
- dispenser des soins aux victimes, notamment en cas de traumatismes, de brûlures et de problèmes psychologiques;
- parer aux effets des conditions climatiques et environnementales dommageables (froid, manque de nourriture et d'eau potable);
- prévenir la morbidité immédiate et à long terme liée à la catastrophe (flambées de maladies transmissibles dues aux mauvaises conditions d'hygiène, à la vie dans des abris temporaires, au surpeuplement et à l'alimentation collective; épidémies de maladies comme le paludisme, dues à l'interruption des mesures de prévention; augmentation de la morbidité et de la mortalité en raison de la désorganisation du système de santé; troubles mentaux et émotionnels);
- favoriser le retour à un état de santé normal et, à cette fin, prévenir la malnutrition chronique causée par la dislocation de l'approvisionnement alimentaire et de l'agriculture.

La prévention des catastrophes ne saurait s'improviser; elle doit être structurée à tous les niveaux de l'administration (Etat, région, collectivités locales), selon des modalités qui peuvent varier dans la pratique, la responsabilité de son organisation étant par exemple confiée, dans certains cas, à des organes déjà en place comme les forces armées ou les services de protection civile. Dans les pays où les risques naturels sont élevés, tous les ministères ou presque sont concernés.

Lorsqu'il existe un système national de prévention des risques naturels, c'est dans ce cadre qu'il convient d'aménager le dispositif d'intervention en cas de catastrophe technologique, plutôt que de créer des instances entièrement nouvelles. Le Centre d'activité du Programme pour l'industrie et l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE/IE/PAC) a créé à cette fin le Programme d'information et de prépa-

ration au niveau local: un processus pour répondre aux accidents technologiques (APELL) (Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: A Process for responding to technological accidents (APELL)), fruit d'une action concertée entre l'industrie et les pouvoirs publics en vue de prévenir les accidents technologiques et de réduire leurs effets dans les pays en développement, en faisant prendre conscience des risques présentés par certaines installations et en contribuant à l'établissement de plans d'intervention en cas d'urgence.

### L'évaluation des dangers

Que ce soit dans un pays comme le Royaume-Uni, relativement peu exposé aux risques naturels en dehors des vents violents et des inondations, ou comme les Philippines, régulièrement frappées par toute une série de calamités qui constituent une sérieuse menace pour l'économie et même pour la stabilité politique du pays, il convient d'évaluer systématiquement la probabilité et les répercussions éventuelles des différents types de catastrophes naturelles. Partout dans le monde, chaque danger doit faire l'objet d'une évaluation scientifique portant au moins sur les points suivants:

- cause(s);
- répartition géographique, magnitude ou intensité et fréquence probables;
- mécanismes physiques de destruction;
- éléments et activités les plus vulnérables;
- conséquences sociales et économiques éventuelles en cas de catastrophe.

Dans les régions très exposées aux tremblements de terre, aux éruptions volcaniques et aux inondations, les experts doivent établir des cartes des zones dangereuses afin de prévoir le lieu et l'impact d'une catastrophe éventuelle. Ces études serviront ensuite, d'une part, à réglementer l'occupation des sols de manière à réduire les risques à long terme, d'autre part, à planifier la gestion des situations d'urgence. Dans la plupart des pays en développement, la cartographie des risques sismiques et volcaniques est encore balbutiante. La développer est l'un des principaux objectifs de la Décennie internationale de la prévention des catastrophes naturelles.

Dans le cas des risques naturels, l'évaluation des dangers nécessite une étude détaillée des catastrophes enregistrées au cours des siècles passés et un vaste travail géologique sur le terrain, afin de relever les traces des phénomènes majeurs, tels que tremblements de terre et éruptions volcaniques, jusqu'aux temps les plus reculés. Cela dit, il ne suffit pas de savoir comment se sont déroulés ces phénomènes dans le passé pour pouvoir prédire de façon infaillible la probabilité qu'ils ont de se reproduire à l'avenir. Il existe des méthodes hydrologiques agréées pour prévoir les inondations et il est facile de repérer bon nombre de zones dangereuses de ce point de vue, simplement parce qu'elles se situent dans des plaines inondables bien délimitées. Dans le cas des cyclones tropicaux, le relevé des zones littorales touchées permet d'évaluer la probabilité qu'un ouragan frappe en un point précis de la côte au cours d'une année, et l'on peut aussi prévoir efficacement la trajectoire et la vitesse d'un ouragan au moins 72 heures avant qu'il ne s'abatte sur le sol, pour peu qu'une surveillance soit déclenchée dès sa formation. On sait par ailleurs que les tremblements de terre, les éruptions volcaniques et les pluies torrentielles sont souvent accompagnés de glissements de terrain, et les études effectuées au cours des dix dernières années donnent de plus en plus de raisons de penser que ce risque est particulièrement élevé sur les versants de nombreux grands volcans en raison de l'instabilité des masses accumulées pendant les périodes d'activité.

En ce qui concerne les catastrophes technologiques, les collectivités publiques doivent faire l'inventaire des activités industrielles dangereuses exercées sur leur territoire. Nous connaissons désormais — car les exemples d'accidents majeurs ne manquent pas — les risques que peuvent présenter ces activités en cas de dysfonctionnement d'un processus ou de défaillance d'un système de sécurité. De nombreux pays industriels ont mis en place des plans d'intervention assez détaillés en prévision des accidents chimiques qui pourraient se produire.

### L'évaluation des risques

L'évaluation des dangers et de leurs effets potentiels doit être suivie d'une évaluation des risques. Si le terme «danger» peut se définir comme la possibilité de causer un préjudice, le «risque» désigne quant à lui la probabilité qu'un phénomène naturel d'un type particulier et d'une ampleur donnée entraîne des morts, des blessés ou des dégâts matériels. Le risque peut se quantifier comme suit:

Risque = valeur × vulnérabilité × danger

la valeur représentant le nombre de vies ou le capital réel (bâiments, par exemple) susceptibles d'être anéantis du fait de l'événement envisagé. Déterminer la vulnérabilité face aux catastrophes est une étape essentielle de l'évaluation des risques: pour les constructions, il s'agit de mesurer la fragilité intrinsèque des structures exposées aux phénomènes naturels potentiellement dangereux. Ainsi, la probabilité qu'un immeuble s'écroule au cours d'un tremblement de terre peut être établie en fonction de son emplacement par rapport à la ligne de faille et de sa résistance structurelle aux secousses sismiques. Dans l'équation ci-dessus, le degré de perte résultant de la manifestation d'un phénomène naturel d'une ampleur donnée peut être mesuré sur une échelle allant de 0 (aucun dommage) à 1 (perte totale), tandis que le danger est le risque spécifique exprimé par la probabilité de la perte évitable par unité de temps. La vulnérabilité est donc la fraction de la valeur susceptible d'être détruite à la suite d'un événement donné. On peut l'analyser en se fondant, par exemple, sur l'inspection des constructions par des architectes et des ingénieurs dans les zones dangereuses. La figure 39.4 présente quelques courbes de risque caractéristiques.

Il est beaucoup plus difficile, à l'heure actuelle, d'apprécier la vulnérabilité en fonction des causes de mortalité et de traumatis-

mes selon les différents types d'impacts; en effet, en l'absence de classification normalisée en la matière, les seules données dont on dispose, dans le cas également des tremblements de terre, sont des chiffres bruts qui ne permettent même pas d'établir un bilan exact des pertes. Un effort considérable de recherche épidémiologique reste donc à faire pour développer les bases scientifiques de la prévention des catastrophes.

On peut à présent représenter graphiquement, grâce au calcul mathématique d'échelles de risque, les zones les plus menacées de destruction en cas de séisme ou de chute de cendres d'origine volcanique; ce sont précisément celles où il faut concentrer les moyens de protection civile. L'évaluation des risques, conjuguée à l'analyse économique, joue ainsi un rôle déterminant dans le choix des options de prévention.

Outre les caractéristiques structurelles des ouvrages, l'autre aspect important de la vulnérabilité concerne les infrastructures et les services essentiels, à savoir:

- les transports;
- les télécommunications;
- les approvisionnements en eau;
- les réseaux d'égouts;
- la distribution d'électricité;
- les services sanitaires.

En cas de catastrophe, ces services peuvent tous être anéantis ou lourdement endommagés. Toutefois, comme la nature de la force destructrice varie selon le danger naturel ou technologique, les mesures de protection doivent être conçues en fonction de l'évaluation des risques. Les techniques informatiques de représentation cartographique facilitent cette tâche.

En ce qui concerne la prévention et l'intervention en cas de catastrophe chimique, l'évaluation quantitative des risques permet de déterminer la probabilité d'une défaillance des installations et d'arrêter les mesures à prendre en se fondant sur des estimations chiffrées. Les techniques utilisées pour ce type d'analyse sont très perfectionnées, tout comme les méthodes de cartographie des zones à risque à proximité des installations dangereuses. Il existe des moyens de prédire les ondes de pression et les concentrations de chaleur rayonnée à différentes distances du lieu d'explosion possible de vapeurs ou de gaz inflammables, ainsi que des modèles informatiques permettant de calculer, en fonction des conditions météorologiques et de la quantité de produit s'échappant d'une cuve ou d'une installation, la concentration des gaz plus lourds que l'air poussés par le vent à des kilomètres du point d'émission. Dans ce cas, la vulnérabilité dépend principalement de la proximité des habitations, des écoles, des hôpitaux et d'autres établissements importants. Il convient d'évaluer les risques individuels et collectifs associés aux différents types de catastrophes et d'en informer la population locale dans le cadre du plan général de prévention.

### La réduction des risques

Après avoir évalué la vulnérabilité, il faut trouver les moyens de l'atténuer et de réduire le risque global.

Il existe pour cela toute une série de mesures techniques adaptées aux circonstances. Ainsi, dans les zones exposées aux tremblements de terre, les nouvelles constructions devraient répondre aux normes parasismiques et les anciens bâtiments mis en conformité avec les exigences de cette réglementation. Les hôpitaux peuvent être transférés sur d'autres sites ou «renforcés» pour offrir une plus grande résistance à des phénomènes comme les tempêtes de vent, par exemple. Dans toutes les zones exposées à des vents violents ou à des éruptions volcaniques, les plans d'aménagement doivent absolument prévoir de bonnes routes qui serviront de voies d'évacuation en cas d'urgence. A long terme, le plus important est de réglementer l'occupation des sols afin d'empêcher

l'urbanisation des zones dangereuses comme les plaines inondables, les pentes de volcans en activité ou les abords de grands complexes chimiques. Il faut éviter d'accorder une confiance aveugle aux solutions techniques, car elles peuvent soit engendrer un faux sentiment de sécurité dans les zones dangereuses, soit aller à l'encontre du but recherché en augmentant le risque d'apparition de catastrophes en principe rares (construction de digues le long de cours d'eau sujets à de fortes crues, par exemple).

### La préparation aux situations d'urgence

La planification et l'organisation des mesures de préparation aux situations d'urgence devraient incomber à une équipe pluridisciplinaire, active à l'échelon local, et être intégrées au plan général d'évaluation des dangers, de réduction des risques et d'intervention. En ce qui concerne la prise en charge des victimes, on sait très bien aujourd'hui qu'il faut parfois compter au moins trois jours, dans les pays en développement, avant que les équipes médicales venant de l'extérieur parviennent sur les lieux d'une catastrophe. Etant donné que la majorité des décès évitables surviennent dans les 24 à 48 premières heures, ces secours arrivent donc trop tard. C'est pourquoi il convient de mettre l'accent avant tout sur les ressources locales pour que les collectivités concernées puissent engager elles-mêmes immédiatement les opérations de sauvetage et de secours, si nécessaire.

Dans cette optique, la préparation aux situations d'urgence passe obligatoirement par l'information de la population.

### L'information et les communications

Compte tenu des dangers et des risques, il est essentiel de mettre en place un système d'alerte rapide et de planifier l'évacuation des zones à haut risque en cas de situation critique. Un tel système suppose que l'on organise au préalable des filières de communication entre les différents services d'intervention aux niveaux local et national, ainsi qu'un circuit officiel de diffusion de l'information. D'autres mesures, comme la constitution de réserves d'aliments et d'eau dans les foyers, peuvent également être envisagées.

Il est important que les habitants des zones situées à proximité d'installations dangereuses sachent comment ils seront avertis de l'existence d'une situation d'urgence (déclenchement d'une sirène en cas d'émission de gaz toxiques, par exemple) et quel comportement ils devront alors adopter (rentrer chez eux immédiatement, fermer les fenêtres et ne pas sortir avant d'y être autorisés). En cas d'accident chimique, il est indispensable de pouvoir définir rapidement le risque sanitaire résultant d'un rejet toxique, c'est-à-dire identifier le ou les produits chimiques en cause, se renseigner sur leurs effets immédiats et à long terme, et déterminer, le cas échéant, si la population a été exposée. L'établissement de lignes de communication avec les centres antipoison et les services médicaux spécialisés dans le traitement des intoxications chimiques est une mesure essentielle à prévoir. Malheureusement, il est parfois difficile, voire impossible, de savoir quelles sont les substances entrant en jeu dans des réactions d'emballement ou dans des incendies d'origine chimique; même si le produit est facilement identifiable, il arrive que l'on connaisse mal, voire pas du tout, sa toxicité chez l'être humain, en particulier ses effets à long terme, comme on a pu le constater après le rejet accidentel de méthylisocyanate à Bhopal. Or, il est certain que l'absence d'informations sur les risques encourus rend extrêmement difficile la prise en charge médicale des victimes et de la population exposée, ou encore la décision d'évacuation.

Sachant que toutes les données toxicologiques disponibles ne seront peut-être pas suffisantes pour faciliter la prise de décisions en cas d'accident majeur ou même d'incident limité où un risque d'exposition «aiguë» est suspecté, il importe de constituer à l'avance une équipe pluridisciplinaire qui sera chargée de recueillir toutes les informations utiles, d'entreprendre rapidement

une évaluation des risques pour la santé et d'apprécier la situation de l'environnement, afin d'éviter la contamination du sol, de l'eau et des récoltes. Les personnes qui la composeront devront avoir les compétences voulues pour confirmer la nature du rejet chimique et effectuer les études d'impact que requiert la situation.

Dans le cas des catastrophes naturelles, l'épidémiologie est également très utile pour l'évaluation des besoins sanitaires ultérieurs et pour la surveillance des maladies infectieuses. La collecte d'informations sur les conséquences de la catastrophe est un travail scientifique qui devrait également être intégré au plan d'intervention et confié à une équipe spécialement désignée à cet effet. Très importants pour la coordination des secours, ces renseignements le sont aussi dans la mesure où ils peuvent contribuer à l'amélioration du plan d'intervention.

### Le commandement et les communications

Quel que soit le partage des responsabilités en matière d'intervention et de coordination des opérations, variable selon les pays et les circonstances, il doit être décidé à l'avance. Sur les lieux du sinistre, on pourra installer le poste de commandement ou de coordination dans un véhicule particulier; il conviendra d'assurer des contacts par radio entre les différentes équipes en cas de saturation ou de défaillance des lignes téléphoniques.

### Le plan hospitalier en cas d'accident majeur

Il faut évaluer la capacité d'intervention des hôpitaux en cas d'accident majeur, compte tenu de leurs effectifs, de leurs infrastructures (salles, lits disponibles, etc.) et de leurs moyens de traitement (médicaments et matériel). Les hôpitaux devraient eux aussi disposer de plans d'urgence détaillés pour faire face à l'arrivée soudaine d'un grand nombre de victimes et être en mesure, le cas échéant, d'envoyer des équipes volantes sur le terrain pour aider les sauveteurs à dégager les survivants et à procéder au tri des blessés. Il peut arriver que les grands hôpitaux ne soient plus à même de remplir leur mission en raison des dommages causés par la catastrophe, comme ce fut le cas lors du tremblement de terre à Mexico en 1985, et qu'il faille dès lors, dans un premier temps, les remettre en état et les aider à rétablir leurs services. Dans l'éventualité d'un accident chimique, il est important d'établir des contacts préalables avec les centres antipoison et de pouvoir compter plus généralement sur le concours d'un vaste éventail de professionnels de la santé, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la zone sinistrée, pour assurer une bonne prise en charge des victimes. Enfin, le plan hospitalier doit aussi prévoir les moyens qui permettront de faire parvenir rapidement du matériel et des médicaments aux équipes d'intervention sur le terrain.

### Le matériel d'intervention

Il importe de recenser à l'avance le matériel dont les équipes de recherche et de sauvetage auront besoin dans telle ou telle circonstance, et de déterminer l'emplacement où il sera entreposé, pour pouvoir être en mesure de le déployer si nécessaire dans les premières 24 heures, période pendant laquelle on peut sauver le plus grand nombre de vies. Il faudra aussi pouvoir disposer sans délai des médicaments et du matériel médical d'urgence, ainsi que des équipements de protection individuelle destinés aux équipes d'intervention et au personnel de santé présents sur le terrain. Le concours d'ingénieurs capables de rétablir rapidement l'approvisionnement en eau et en électricité, les communications et le trafic routier peut aussi contribuer dans une large mesure à atténuer les conséquences les plus graves d'une catastrophe.

### Le plan d'intervention

Les différents services d'intervention, ainsi que les organismes chargés de la santé publique, de l'hygiène du travail et de la

protection de l'environnement devraient tous posséder leurs propres plans en cas de catastrophe; ceux-ci formeront, ensemble, le dispositif général d'action. Outre les procédures établies par les hôpitaux, il faut prévoir des plans d'intervention spécifiques pour différents types de catastrophes, compte tenu des résultats de l'analyse des dangers et des risques. Des protocoles thérapeutiques devraient être élaborés pour les diverses catégories de lésions et de traumatismes envisagés: syndromes d'écrasement dus à l'écroulement des bâtiments en cas de tremblement de terre, brûlures et lésions internes causées par l'inhalation de substances toxiques en cas d'éruption volcanique, par exemple. En ce qui concerne les accidents chimiques, il faudrait définir au préalable des procédures de tri médico-chirurgical et de décontamination et prévoir l'administration éventuelle d'antidotes, ainsi que le traitement d'urgence des lésions pulmonaires aiguës causées par des gaz toxiques irritants. Les mesures arrêtées devraient être suffisamment souples pour s'adapter aux situations d'urgence liées au transport de substances toxiques, en particulier dans les régions où il n'y a pas d'installations fixes qui obligerait normalement les autorités à élaborer des plans d'intervention détaillés. Le traitement d'urgence des lésions dues à des agressions mécaniques et chimiques est un aspect essentiel de l'intervention des services de santé; il nécessite une formation spéciale du personnel hospitalier en médecine des catastrophes.

D'autres dispositions sont également à prévoir pour l'implantation des centres d'évacuation et la prise en charge des personnes évacuées, notamment sur le plan médical. La prévention et le traitement du stress, chez les victimes comme chez ceux qui leur portent secours, ne devraient pas non plus être négligés. Dans certains cas, les troubles psychologiques sont les principaux effets, sinon les seuls, observés sur la santé des populations concernées, en particulier lorsque les mesures prises pour faire face à la crise engendrent elles-mêmes une anxiété excessive. Ce type de problème se pose aussi dans le cas des accidents chimiques et des accidents dus aux rayonnements, mais il peut être limité si on sait l'anticiper.

#### **La formation**

Le personnel médical et les autres professionnels de la santé, dans les hôpitaux et les centres de soins primaires, ne sont généralement pas familiarisés avec les interventions d'urgence en situation de catastrophe. Tout comme les membres des autres services de secours, ils devraient donc recevoir une formation pour s'y préparer. Les exercices sur table sont très utiles à cet égard, à condition d'être aussi réalistes que possible, car les simulations à grande échelle sont souvent d'un coût prohibitif.

#### **Le retour à la normale après l'événement**

On entend par là le retour de la zone frappée par la catastrophe à l'état dans lequel elle se trouvait auparavant, grâce à une série d'actions sur le plan social, économique, psychologique et écologique qu'il convient de planifier à l'avance. Pour les accidents chimiques, cette phase comprend en outre la recherche d'agents susceptibles d'avoir contaminé l'eau et les sols, ainsi que la mise en œuvre des mesures de décontamination que requiert éventuellement la situation.

#### **Conclusion**

Par rapport aux interventions de secours, les efforts de préparation aux catastrophes ont été relativement peu encouragés jusqu'ici à l'échelle internationale; pourtant, malgré leur coût non négligeable, les mesures de protection bénéficient désormais d'un vaste corpus de connaissances scientifiques et techniques dont l'application rigoureuse devrait permettre d'atténuer sensiblement les conséquences sanitaires et économiques des catastrophes dans tous les pays.

## **LES ACTIONS À PRÉVOIR APRÈS UNE CATASTROPHE**

*Benedetto Terracini  
et Ursula Ackermann-Liebrich*

Les accidents industriels peuvent frapper aussi bien les travailleurs présents à l'intérieur des installations où ils surviennent que les personnes vivant à proximité. Lorsqu'un accident entraîne le dégagement de substances polluantes, la population menacée peut dépasser largement l'effectif de l'entreprise, posant ainsi des problèmes de logistique complexes que le présent article se propose d'étudier.

Plusieurs raisons amènent à quantifier les effets sanitaires d'un accident:

- la nécessité de s'assurer que toutes les personnes exposées ont été examinées par un professionnel de la santé (qu'elles aient eu ou non besoin d'un traitement), l'examen consistant à rechercher les effets nocifs cliniquement décelables, à les atténuer le cas échéant et à prendre des mesures pour prévenir les complications et les troubles susceptibles de se manifester ultérieurement. Cette démarche est obligatoire lorsqu'un accident survient à l'intérieur d'une installation, car elle permet de recenser toutes les personnes exposées et d'assurer un suivi intégral;
- la nécessité d'identifier les personnes qui devront être indemnisées en tant que victimes et, par conséquent, de déterminer pour chacune d'entre elles la gravité du mal constaté et son éventuel rapport avec la catastrophe;
- l'acquisition de connaissances nouvelles sur les causes et les processus de développement des maladies chez l'être humain;
- l'intérêt scientifique que présente la compréhension des mécanismes de la toxicité chez l'être humain, notamment ceux qui pourraient permettre de réévaluer, pour une exposition donnée, les doses considérées comme «sûres» pour l'être humain.

#### **La caractérisation des accidents en fonction de leurs conséquences pour la santé**

Les accidents écologiques regroupent un vaste éventail d'événements pouvant survenir dans les circonstances les plus diverses; ce sont parfois des changements du milieu ambiant ou la survenue de certaines maladies qui amènent à déceler ou à soupçonner leur existence. Dans un cas comme dans l'autre, la preuve (ou l'indice) qu'il s'est produit «quelque chose d'anormal» peut apparaître soit brusquement (par exemple, l'incendie de l'entrepôt de la société Sandoz à Schweizerhalle (Suisse) en 1986, ou l'apparition du «syndrome de l'huile toxique» en Espagne en 1981), soit de façon insidieuse (par exemple, l'augmentation du nombre des cas de mésothéliome par suite d'une exposition à l'amiante — dans l'environnement et non sur le lieu de travail — à Wittenoom (Australie)). En tout temps et en toute circonstance, cependant, l'incertitude et l'ignorance prévalent généralement quant à l'ampleur des conséquences sanitaires et à l'évolution future de la situation.

Trois facteurs doivent être pris en compte pour évaluer l'impact d'un accident sur la santé humaine:

1. La nature de la ou des substances rejetées, leurs propriétés toxiques et le risque engendré par leur rejet;
2. Les réactions personnelles à la catastrophe;
3. Les mesures prises pour faire face à la situation (Bertazzi, 1991).

Il peut être difficile de déterminer la nature et l'ampleur du rejet, ainsi que l'aptitude du produit à pénétrer et à cheminer par diverses voies dans le milieu humain, notamment à travers la

chaîne alimentaire et l'approvisionnement en eau. Vingt ans après l'accident, la quantité de 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-*p*-dioxine (TCDD) rejetée à Seveso, le 10 juillet 1976, continue de faire l'objet d'un débat. En outre, comme on connaissait mal à l'époque la toxicité de ce produit, toutes les prévisions faites au lendemain de la catastrophe étaient nécessairement problématiques.

Par réaction personnelle à une catastrophe, on entend la peur, l'anxiété et la détresse (Ursano, McCaughey et Fullerton, 1994) éprouvées à la suite de l'accident, quels que soient la nature du danger et le risque effectivement encouru. Il s'agit aussi bien de modifications conscientes, justifiées ou non, du comportement (telle la baisse marquée du taux de natalité dans de nombreux pays d'Europe occidentale en 1987, après la catastrophe de Tchernobyl) que de troubles psychologiques (par exemple, les symptômes de détresse observés chez des enfants et des soldats israéliens à la suite d'un dégagement de sulfure d'hydrogène dû au mauvais fonctionnement des latrines dans une école de Cisjordanie en 1981). Des facteurs subjectifs influent aussi sur les réactions à l'accident: ainsi, à Love Canal, on a constaté que les jeunes parents peu habitués à la présence de produits chimiques dans leur cadre de travail étaient plus enclins à quitter la région que les gens plus âgés ayant des enfants adultes.

Enfin, un accident peut avoir un effet indirect sur la santé des personnes exposées soit en créant d'autres dangers (liés à une évacuation, par exemple), soit, paradoxalement, en induisant des réactions positives à certains égards (comme chez ceux que le contact avec les équipes médicales incite à arrêter de fumer).

### L'évaluation de l'impact d'un accident

Tout accident doit faire l'objet d'une évaluation de ses conséquences effectives ou potentielles pour les personnes exposées ainsi que pour les animaux domestiques ou sauvages, évaluation qu'il est parfois nécessaire de mettre à jour périodiquement. Dans la réalité, cependant, la précision, l'étendue et la nature des données que l'on peut recueillir à cette fin dépendent de nombreux facteurs, mais il faut savoir que l'importance des ressources disponibles joue ici un rôle déterminant. Ainsi, des accidents présentant la même gravité ne reçoivent pas tous la même attention selon les pays, car il n'est pas toujours possible de leur consacrer des ressources jusque-là réservées à d'autres problèmes sanitaires ou sociaux. La coopération internationale devrait normalement remédier en partie à ce déséquilibre, mais elle ne se manifeste en fait que dans les situations particulièrement dramatiques ou qui présentent un intérêt scientifique exceptionnel.

L'impact global d'un accident sur la santé est extrêmement variable. La nature des états pathologiques engendrés (qui peuvent aller jusqu'à entraîner la mort), la taille de la population exposée et le taux de morbidité en déterminent la gravité, celle-ci étant d'autant plus difficile à démontrer sur le plan épidémiologique qu'elle tend à devenir négligeable.

Parmi les sources de données qui permettent d'évaluer les conséquences sanitaires d'un accident, les statistiques existantes viennent au premier rang (il faut toujours songer à y recourir avant d'envisager la création de nouvelles bases de données). On peut tirer d'autres renseignements d'études épidémiologiques analytiques et conjecturales, fondées ou non sur les statistiques courantes. Lorsqu'il n'existe pas de système de surveillance médicale en milieu professionnel, l'accident peut être l'occasion d'en instaurer un, permettant ainsi de protéger les travailleurs contre d'autres dangers potentiels pour leur santé.

Il est indispensable de dresser une liste exhaustive des personnes exposées aux fins de la surveillance clinique (à court et à long terme) et de l'indemnisation des victimes. Cette tâche est relativement simple lorsque l'accident est circonscrit au périmètre des installations ou lorsqu'on peut se fonder sur le critère du lieu de résidence pour identifier la population touchée (habitants d'une

commune ou d'une collectivité plus restreinte, si possible). Elle peut s'avérer plus difficile dans d'autres circonstances, surtout quand il faut établir une liste des personnes présentant des symptômes susceptibles d'être liés à l'accident. Après l'apparition du syndrome de l'huile toxique en Espagne, on a utilisé la liste des 20 000 demandeurs d'indemnisation pour dresser celle des personnes qui devraient faire l'objet d'un suivi clinique de longue durée, laquelle a été ensuite corrigée au vu des dossiers médicaux. Étant donné la publicité donnée à l'incident, on estime que cette liste reflète assez fidèlement la réalité.

L'évaluation des conséquences d'un accident exige en outre une démarche rationnelle, précise et facile à expliquer à la population. Sachant que la période de latence des maladies peut aller de quelques jours à quelques années, on peut, lorsque certaines conditions sont remplies, émettre des hypothèses suffisamment précises sur la nature et la probabilité des manifestations morbides pour élaborer un programme de surveillance clinique et d'études ad hoc répondant à l'un ou l'autre des objectifs évoqués au début du présent article. Les conditions en question — identification rapide de l'agent rejeté, connaissance de ses caractéristiques dangereuses à court et à long terme, quantification du rejet et appréciation des différences de réactions d'un individu à l'autre — sont toutefois rarement réunies dans la pratique, ce qui rend d'autant plus difficile, dans le climat d'incertitude et d'ignorance qui en découle, de résister à la pression de l'opinion publique et des médias en faveur de mesures de prévention ou de soins médicaux dont l'utilité reste à prouver.

Enfin, dès qu'un accident se trouve confirmé, il convient de mettre sur pied une équipe pluridisciplinaire (regroupant cliniciens, chimistes, hygiénistes du travail, épidémiologistes et spécialistes en toxicologie humaine et expérimentale) qui devra rendre compte aux autorités et au public. Le choix des experts dépend des produits chimiques et des procédés susceptibles d'être en cause, lesquels sont en principe très nombreux et peuvent donc engendrer différentes formes de toxicité mettant en jeu toute une série de systèmes biochimiques et physiologiques.

### L'utilisation des statistiques courantes

Les indicateurs de santé couramment utilisés (mortalité, natalité, admissions à l'hôpital, congés de maladie et consultations médicales) peuvent renseigner rapidement sur les conséquences d'un accident à condition de pouvoir être établis pour la région touchée, ce qui n'est évidemment pas possible s'il s'agit, comme dans bien des cas, d'une zone trop restreinte pour coïncider avec une unité administrative. En outre, bien que les corrélations statistiques mises en évidence par ces indicateurs soient souvent l'indice d'une causalité entre l'accident et certaines manifestations observées dans les jours ou les semaines qui suivent, elles ne permettent pas nécessairement de conclure à l'existence d'une intoxication (l'augmentation du nombre de consultations médicales, par exemple, peut être davantage motivée par la peur que par l'apparition de troubles bien réels). Comme toujours, il faut donc faire preuve de prudence dans l'interprétation des données statistiques.

Tous les accidents ne font pas des morts, mais la mortalité est une valeur seuil aisément quantifiable soit par dénombrement direct (comme à Bhopal), soit par comparaison entre les observations et les prévisions (dans le cas des pics de pollution de l'air en zone urbaine, par exemple). Lorsqu'on s'est assuré qu'un accident n'a pas provoqué une hausse immédiate de la mortalité, on est mieux à même d'évaluer la gravité de son impact et de se concentrer sur ses conséquences non mortelles. De plus, les statistiques dont on a besoin pour établir des prévisions de mortalité existent dans la plupart des pays et permettent de faire des estimations pour des régions même restreintes, comme celles qui sont généralement touchées par un accident. Il est plus difficile, en revanche, d'évaluer la mortalité due à des états pathologiques particuliers,

car la connaissance qu'ont les médecins des maladies dont l'incidence est censée augmenter à la suite de l'accident risque d'infléchir leur diagnostic des causes de décès.

C'est donc dire que, pour interpréter les indicateurs de santé à partir des sources de données existantes, il faut concevoir des analyses spéciales et, notamment, étudier tous les facteurs de confusion possibles.

On se demande parfois, dans la période qui suit immédiatement un accident, s'il y a lieu de créer un registre des cancers ou des malformations dans la population. Pour ces états pathologiques particuliers, ces nouveaux registres peuvent en effet fournir des données plus fiables que d'autres statistiques courantes (mortalité ou admissions à l'hôpital, par exemple), surtout s'ils sont tenus selon des normes internationalement acceptables. Leur mise en œuvre exige toutefois une réaffectation des ressources. En outre, si l'on crée un registre des malformations après un accident, il ne sera probablement guère capable, en l'espace de neuf mois, de produire des données comparables à celles d'autres registres, ce qui entraînera une série de problèmes d'inférence (en particulier des erreurs statistiques de type II). Au bout du compte, la décision dépendra donc en grande partie des preuves de cancérogénicité, d'embryotoxicité ou de tératogénicité que l'on aura pour les substances dangereuses rejetées, ainsi que des autres usages possibles des ressources disponibles.

### Les études épidémiologiques ad hoc

A supposer même que l'on puisse connaître avec la plus grande précision les motifs des consultations médicales ou des admissions hospitalières dans une région donnée, les indicateurs ne pourront pas fournir toutes les données nécessaires pour évaluer les conséquences sanitaires d'un accident et déterminer les mesures médicales les plus appropriées. Certains états ou marqueurs particuliers de réactions individuelles n'exigent pas de contact avec le milieu médical ou ne correspondent pas aux classifications des maladies généralement utilisées dans les statistiques courantes, de sorte que leur présence est très difficile à déceler. Il arrive aussi que l'on doive compter parmi les «victimes» des sujets dont l'état se situe à la limite du pathologique. Enfin, il est souvent nécessaire d'étudier les différents protocoles thérapeutiques utilisés et d'évaluer leur efficacité. Ce n'est là qu'un petit échantillon de l'ensemble des problèmes qui peuvent justifier une enquête ad hoc. Quoi qu'il en soit, des dispositions devraient être prises pour pouvoir recevoir de nouvelles plaintes.

Les enquêtes diffèrent des soins en ce qu'elles ne sont pas directement liées à l'intérêt des sujets en tant que victimes de l'accident. Leur objectif étant de fournir des données fiables et de confirmer ou d'infirmer des hypothèses, c'est dans cette perspective qu'elles doivent être conçues. Si la pratique de l'échantillonnage peut paraître normale à des fins de recherche (à condition d'être acceptée par la population touchée), on ne saurait l'envisager lorsqu'il s'agit de dispenser des soins. Ainsi, en cas de déversement d'un agent soupçonné de porter atteinte à la moelle osseuse, le scénario sera radicalement différent selon que l'on cherchera à savoir: 1) si le produit en question entraîne effectivement une leucopénie; 2) si l'on a procédé à un dépistage exhaustif de la leucopénie chez les personnes exposées. Dans un environnement professionnel, on s'efforcera vraisemblablement de répondre aux deux questions; dans une population, la décision dépendra de la possibilité d'entreprendre une action efficace pour traiter les personnes touchées.

En principe, il faut disposer de compétences épidémiologiques suffisantes à l'échelon local pour pouvoir décider s'il est nécessaire ou non de mener des études ad hoc et, le cas échéant, les organiser et les superviser. Il se peut cependant que les autorités sanitaires, les médias ou la population ne soient pas convaincus de l'objectivité des spécialistes présents dans la région touchée, d'où

la nécessité de faire appel dès le départ à des concours extérieurs. L'interprétation des données descriptives à partir des statistiques courantes et l'élaboration des hypothèses de causalité, si besoin est, devraient être effectuées par les mêmes épidémiologistes. Si cela n'est pas possible à l'échelon local, il faut obtenir la collaboration d'autres organismes (en général, les instituts nationaux de santé ou l'Organisation mondiale de la santé (OMS)). Il est regrettable que certains incidents ne puissent être élucidés faute de pouvoir faire appel aux compétences requises.

Dès lors qu'une enquête épidémiologique apparaît nécessaire, il convient de se poser certaines questions préliminaires: A quoi les résultats serviront-ils? Est-il possible que le désir d'affiner les conclusions de l'étude envisagée retarde indûment les mesures de décontamination ou d'autres actions préventives? Le programme de recherche proposé doit-il d'abord être élaboré dans tous ses détails et évalué par l'équipe scientifique pluridisciplinaire (et peut-être par d'autres épidémiologistes)? Les personnes visées par l'étude seront-elles suffisamment bien informées au préalable pour que leur décision d'y participer soit prise en pleine connaissance de cause? Si l'on découvre l'existence d'un effet dommageable pour la santé, quel traitement offrira-t-on et selon quelles modalités?

Enfin, on entreprendra une étude prospective classique de la mortalité sur une cohorte de sujets en cas d'accident grave faisant craindre des effets ultérieurs. Les modalités pratiques de ce type d'étude varient selon les pays. En Europe, il est parfois possible d'identifier nominativement chaque personne (comme on l'a fait pour les populations rurales des îles Shetland, au Royaume-Uni, après le déversement d'hydrocarbures provoqué par l'accident du *Braer*), mais on doit aussi, dans certains cas, contacter systématiquement toutes les familles des victimes pour identifier les mourants (par exemple, après l'apparition du syndrome de l'huile toxique en Espagne).

### Le dépistage et les études de prévalence

Il est naturel de proposer un examen médical à toutes les personnes touchées par un accident qui pourrait avoir porté atteinte à leur santé. La recherche systématique dans la population exposée d'états pathologiques liés à l'accident (en vue de leur traitement) correspond à la définition habituelle du *dépistage*. Comme en d'autres circonstances, tout programme de dépistage mis en œuvre à la suite d'une catastrophe écologique obéit à certains principes et se caractérise par diverses possibilités et limites (indépendamment de la population visée, des signes à détecter et des moyens de diagnostic utilisés) (Morrison, 1985).

Il est aussi important d'évaluer la participation et de comprendre les motifs des non-réponses que de mesurer la sensibilité, la spécificité et la valeur prédictive des tests de diagnostic, de concevoir un protocole pour les examens complémentaires (au besoin) et d'administrer un traitement (si nécessaire). Faute de respecter ces principes, les programmes de dépistage à court et à long terme peuvent faire plus de mal que de bien. Les examens médicaux et les analyses de laboratoire inutiles sont un gaspillage de ressources et privent l'ensemble de la population des soins essentiels dont elle a besoin. C'est pourquoi il importe de bien veiller au départ et de s'assurer par la suite que le déroulement des opérations ne s'écarte pas des règles établies.

Les réactions émotionnelles et les incertitudes que suscitent les accidents écologiques peuvent compliquer encore les choses: dans les cas limites, le diagnostic perd généralement de sa spécificité, et certaines «victimes» s'estiment parfois en droit de recevoir un traitement, que celui-ci soit nécessaire ou non, voire utile. En dépit du chaos qui suit souvent un accident écologique, les programmes de dépistage devraient toujours obéir à quelques règles essentielles:

1. Toutes les procédures à suivre devraient faire l'objet d'un protocole écrit (y compris les examens complémentaires et le traitement à assurer aux personnes affectées ou malades).
2. Le programme devrait avoir un responsable désigné.
3. La spécificité et la sensibilité des tests de diagnostic devraient avoir été évaluées au préalable.
4. Les médecins qui participent au programme devraient coordonner leurs activités.
5. Les taux de participation devraient être quantifiés et réexaminés à intervalles réguliers.

Il est également utile d'estimer a priori l'efficacité de l'ensemble du programme pour décider de son opportunité (le diagnostic anticipé du cancer du poumon, par exemple, ne devrait pas être encouragé). En outre, des dispositions devraient être prises pour compléter la couverture des sujets.

Le dépistage peut présenter à tout moment un autre intérêt, qui est de déterminer la prévalence des états pathologiques existants pour pouvoir ensuite évaluer les conséquences de l'accident. Dans ce cas, la représentativité des personnes qui se soumettent elles-mêmes aux procédures de diagnostic constitue l'une des principales sources d'erreur, qui s'accroît avec le temps. La sélection de groupes témoins avec lesquels on puisse comparer les estimations pose également un problème, car elle peut être affectée d'autant de distorsions que l'échantillon des personnes exposées. Dans certaines circonstances, les études de prévalence sont toutefois extrêmement précieuses (surtout lorsque l'histoire naturelle de la maladie est inconnue, comme dans le cas du syndrome de l'huile toxique) et l'on peut faire appel à des groupes témoins extérieurs à l'étude, même s'ils ont été formés ailleurs à d'autres fins, en présence d'un problème important ou grave.

### L'utilisation de substances biologiques à des fins épidémiologiques

A des fins descriptives, le prélèvement de substances biologiques (urine, sang, tissus) sur des personnes choisies dans la population exposée permet d'obtenir des marqueurs de la dose interne par définition plus précis (sans leur être toutefois entièrement substituables) que ceux obtenus par estimation des concentrations de polluants dans les différents milieux de l'environnement ou au moyen de questionnaires individuels. Là encore, toute évaluation devrait tenir compte des distorsions liées au manque de représentativité éventuel des sujets chez lesquels les échantillons biologiques ont été prélevés.

Le stockage d'échantillons biologiques peut s'avérer utile, ultérieurement, pour des études épidémiologiques spéciales exigeant une estimation de la dose interne (ou des effets immédiats) au niveau individuel. Il est donc capital de prélever ces échantillons peu de temps après l'accident (et de les conserver dans de bonnes conditions), même en l'absence d'hypothèses précises quant à leur utilisation. Le patient doit bien comprendre, pour donner son consentement en toute connaissance de cause, que les prélèvements biologiques que l'on va effectuer sur lui seront stockés en vue de tests non encore définis. On évitera d'avoir recours à ces spécimens pour certains tests (concernant les troubles de la personnalité, par exemple) afin de protéger les sujets sélectionnés.

### Conclusion

L'intervention médicale et la conduite d'enquêtes épidémiologiques au sein d'une population touchée par un accident obéissent à des logiques qui peuvent être diamétralement opposées — évaluer l'impact d'agents dont le danger potentiel est établi et auxquels la population touchée est (ou a été) exposée, ou bien étudier les effets possibles d'agents supposés dangereux dont on soupçonne la présence dans une région donnée. Qu'il y ait des divergences entre spécialistes et, plus généralement, dans le pu-

blic quant à la façon de percevoir un problème est tout simplement humain. Ce qui importe, en l'occurrence, c'est que toute décision soit dûment motivée et accompagnée d'un plan d'action transparent et qu'elle bénéficie du soutien de la collectivité à laquelle elle doit s'appliquer.

## LES PROBLÈMES LIÉS AUX CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Jean G. French

On a longtemps considéré les problèmes liés aux conditions météorologiques comme des phénomènes naturels, et les décès et les traumatismes qui en découlaient comme inévitables (voir tableau 39.17). Ce n'est qu'au cours des vingt dernières années que l'on s'est attaché à étudier ces facteurs de risque pour la vie et la santé de l'être humain sous l'angle de la prévention. Ces études étant récentes, les données dont nous disposons sont limitées, notamment en ce qui concerne le nombre et les circonstances des décès et des traumatismes attribuables aux phénomènes climatiques chez les travailleurs. L'article qui suit donne un aperçu des observations faites à ce jour.

### Les inondations et les raz-de-marée

#### Les définitions, les causes et la survenue

Les inondations ont des causes diverses. Dans une région climatique donnée, on observe des différences considérables dans l'apparition et l'importance des crues en raison des fluctuations au sein même du cycle hydrologique et d'autres conditions naturelles ou artificielles (Chagnon, Schicht et Semorin, 1983). Selon la définition qu'en donne le Service météorologique des États-Unis (US National Weather Service), les *crues soudaines ou torrentielles* sont des crues de courte durée, caractérisées par des débits instantanés très supérieurs aux débits moyens et par un abondant transport de matériaux. Bien que la plupart des crues soudaines soient causées par une activité orageuse locale intense, certaines se produisent à l'occasion de cyclones tropicaux. Ce type de crue est souvent provoqué par les conditions atmosphériques qui influencent la durée et l'intensité de l'averse. Mais d'autres facteurs y contribuent également, comme la pente des versants en terrain montagneux, l'absence de végétation, la capacité d'infiltration insuffisante des sols, la présence d'embâcles d'origine végétale ou glaciaire, la fonte rapide des neiges, la rupture de barrages ou de digues, la rupture de poches d'eau glaciaires et les perturbations volcaniques (Marrero, 1979). Les *crues fluviales* peuvent aussi être influencées par ces facteurs, mais de façon plus insidieuse encore par les caractéristiques du lit des cours d'eau et par celles du sol et du sous-sol, ainsi que par l'ampleur des modifications artificielles dont il a été l'objet (Chagnon, Schicht et Semorin, 1983; Marrero, 1979). Les *crues ou inondations côtières* peuvent être causées par des ondes de tempête, qui résultent elles-mêmes d'un orage tropical ou d'un cyclone, ou encore par un afflux d'eau océanique à l'intérieur des terres, provoqué par un très fort vent. Le type de crue côtière le plus dévastateur est le tsunami, improprement appelé raz-de-marée, qui est provoqué par des tremblements de terre sous-marins ou par des éruptions volcaniques. La plupart des tsunamis déclarés sont survenus dans le Pacifique et dans la région côtière du Pacifique. Les îles Hawaï sont particulièrement exposées aux tsunamis du fait de leur situation au milieu de cet océan (Chagnon, Schicht et Semorin, 1983; Whitow, 1979).

Tableau 39.17 • Risques professionnels liés aux conditions météorologiques

Événements météorologiques	Catégories professionnelles	Agents biochimiques	Lésions traumatiques	Noyades	Brûlures/coups de chaleur	Accidents de véhicules	Stress mental
Inondations Ouragans	Policiers, sapeurs-pompiers, personnel d'intervention	*	*	*			
	Employés des transports		*	**			*
	Travailleurs souterrains			*			*
	Poseurs de lignes		*		*		*
	Personnel de nettoyage	***					*
Tornades	Policiers, sapeurs-pompiers, personnel d'intervention	*	*				*
	Employés des transports		***			*	*
	Personnel de nettoyage	**	*				
Incendies de forêts légers	Sapeurs-pompiers	**	**		**	***	*

\* Degré de risque.

**Les facteurs influant sur la morbidité et la mortalité**

On estime que les inondations sont responsables de 40% des catastrophes dans le monde et qu'elles causent les dommages les plus lourds. L'inondation la plus meurtrière de mémoire d'homme est celle du fleuve Jaune en 1887: les eaux du fleuve ont franchi des digues de 21 m de hauteur et détruit 11 villes et 300 villages. La catastrophe aurait fait quelque 900 000 victimes. Plusieurs centaines de milliers de personnes pourraient aussi avoir péri en 1969 dans la province de Shandong en Chine, après qu'une onde de tempête eut poussé la marée montante vers l'amont du fleuve. A Rio de Janeiro, une crue soudaine a fait 1 500 victimes en janvier 1967. En 1974, des pluies torrentielles ont inondé le Bangladesh, causant 2 500 morts. En 1963, des précipitations intenses ont provoqué un énorme glissement de terrain dans le lac retenu par le barrage Vaiont, dans le nord de l'Italie, déversant 100 millions de tonnes d'eau par-dessus le barrage: 2 075 personnes ont péri (Frazier, 1979). En 1985, de 180 à 380 mm de pluie tombaient en 10 heures sur Porto Rico, tuant 180 personnes (French et Holt, 1989).

On s'est prémuni jusqu'à présent contre les crues fluviales au moyen d'ouvrages de génie civil et d'un reboisement accéléré des bassins hydrographiques (Frazier, 1979). Mais le nombre de crues soudaines a augmenté ces dernières années, au point de devenir le phénomène météorologique le plus meurtrier aux Etats-Unis. Le tribut de plus en plus lourd prélevé par les inondations a été attribué au peuplement et à l'urbanisation accrues des zones déjà exposées à ces perturbations (Mogil, Monro et Groper, 1978). C'est l'écoulement rapide d'eaux charriant de gros débris, comme des blocs de pierre et des troncs d'arbres, qui est responsable au premier chef de la morbidité et de la mortalité associées aux crues. Des études menées aux Etats-Unis ont montré que bien des gens se noyaient dans leur voiture lors des inondations parce qu'ils se trouvaient dans des zones basses ou traversaient des ponts inondés. Les voitures peuvent en effet tomber en panne dans l'eau ou rester coincées entre des débris, et leurs passagers se retrouver pris au piège tandis que le niveau de l'eau monte rapidement

autour d'eux (French et coll., 1983). Des études de suivi menées auprès de victimes d'inondation montrent que celles-ci restent souvent marquées psychologiquement cinq ans encore après le drame (Melick, 1976; Logue, 1972). D'autres chercheurs ont relevé chez ces personnes une importante augmentation des cas d'hypertension, des maladies cardio-vasculaires, des lymphomes et des leucémies, phénomène qui, selon certains, serait lié au stress (Logue et Hansen, 1980; Janerich et coll., 1981; Greene, 1954). Les inondations peuvent aussi exposer la population à des agents biologiques ou chimiques lorsqu'elles provoquent la rupture des stations d'épuration et des réseaux d'évacuation des eaux usées, rompent les réservoirs souterrains, font déborder les sites de stockage de déchets toxiques et favorisent la reproduction des vecteurs pathogènes et le déplacement de substances chimiques stockées sur terre (French et Holt, 1989).

Bien que, lors d'inondations, les travailleurs soient généralement exposés aux mêmes risques que l'ensemble de la population, certaines catégories professionnelles sont néanmoins plus exposées que d'autres. Ainsi, le personnel de nettoyage risque davantage d'entrer en contact avec des agents biologiques et chimiques; ceux qui travaillent sous terre, notamment dans des espaces confinés, peuvent se retrouver emprisonnés lors de crues soudaines; les chauffeurs de camion et autres travailleurs des transports peuvent périr coincés dans leur véhicule. Et, bien sûr, comme lors de toute autre catastrophe liée aux conditions météorologiques, les sapeurs-pompiers, la police et le personnel médical d'urgence sont également très exposés.

**La prévention, le contrôle et les besoins en recherche**

On peut prévenir les décès et les traumatismes causés par les inondations en identifiant les zones inondables, en les faisant connaître à la population et en donnant des conseils sur les mesures préventives à adopter; en inspectant régulièrement les barrages et les digues et en délivrant des certificats de sécurité; en déterminant les conditions météorologiques qui contribuent aux fortes précipitations et au ruissellement; en mettant en place un

système d'alerte rapide dans certaines régions. On peut aussi prévenir les décès et les maladies attribuables à une exposition indirecte en s'assurant que les réserves d'eau et d'aliments sont propres à la consommation humaine et ne sont pas contaminées par des agents biologiques et chimiques, et en adoptant des méthodes sûres d'élimination des eaux usées sanitaires. Les sols entourant les sites d'enfouissement des déchets toxiques et les bassins de stockage des eaux usées devraient être inspectés pour établir s'il y a eu contamination par débordement (French et Holt, 1989). Bien que les programmes de vaccination massive soient inefficaces, il est indispensable que les employés des services de nettoyage et d'assainissement soient immunisés et instruits des mesures d'hygiène à observer.

Il faudrait par ailleurs améliorer la technologie de façon à accroître la précision, dans le temps et dans l'espace, des dispositifs d'alerte en cas de crue soudaine, et évaluer les conditions locales pour déterminer les modalités d'une éventuelle évacuation (en voiture ou à pied). Enfin, après une inondation, il serait bon de soumettre une cohorte de travailleurs à une étude dans le but d'évaluer les risques pour la santé physique et mentale du personnel d'intervention.

## Les ouragans, les cyclones et les tempêtes tropicales

### Les définitions, les causes et la survenue

Le *cyclone tropical* désigne tout vent qui tourbillonne autour d'une dépression atmosphérique issue de la convection de masses d'air réchauffées au contact des eaux tropicales. Dans l'hémisphère Nord, les cyclones tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. On distingue la *dépression tropicale*, qui est un cyclone dont les vents soufflent à une vitesse inférieure à 62 km/h, la *tempête tropicale*, qui génère des vents dont la vitesse est comprise entre 62 et 118 km/h, et l'ouragan, le plus violent, avec des vents de plus de 118 km/h. Dans le Pacifique, les ouragans prennent également le nom de *typhons*.

On pense aujourd'hui que de nombreux cyclones tropicaux naissent au-dessus de l'Afrique, dans la région sise juste au sud du Sahara. Ils commenceraient par une instabilité dans un étroit courant-jet est-ouest qui se forme dans cette région entre juin et décembre sous l'effet du contraste marqué de température entre l'air chaud du désert et l'air plus frais et plus humide du sud. Les études montrent que les perturbations engendrées au-dessus de l'Afrique durent longtemps et que nombre d'entre elles traversent l'Atlantique (Herbert et Taylor, 1979). Au XX<sup>e</sup> siècle, 10 cyclones tropicaux ont ainsi traversé l'Atlantique chaque année en moyenne, dont 6 se sont transformés en ouragans. A mesure que l'ouragan (ou typhon) approche de son intensité maximale, les courants d'air qui se sont formés dans les zones de haute pression des Bermudes ou du Pacifique le font dévier vers le nord, où les eaux océaniques sont plus froides. L'évaporation diminue et il y a donc moins de vapeur d'eau et d'énergie pour alimenter la tempête. Si celle-ci atteint la côte, elle est complètement coupée de sa source de vapeur d'eau. A mesure que l'ouragan ou le typhon progresse vers le nord, ses vents diminuent d'intensité. Les accidents de terrain, comme les montagnes, peuvent également contribuer à dissiper la tempête. Les régions les plus exposées aux ouragans sont les Antilles, le Mexique et les États américains de la côte est et du golfe du Mexique. En général, le typhon du Pacifique se forme dans les eaux chaudes tropicales de l'est des Philippines. Il peut ensuite se déplacer vers l'ouest et frapper le continent chinois, ou dévier vers le nord pour se diriger vers le Japon. Sa trajectoire est déterminée à mesure qu'il se déplace autour de la crête occidentale du système de haute pression du Pacifique (*Time-Life*, 1992).

Le pouvoir destructeur d'un ouragan (typhon) dépend de la façon dont se combinent l'onde de tempête, le vent et d'autres

facteurs. Les prévisionnistes ont mis au point une échelle de possibilité de catastrophe comportant 5 catégories d'ouragans d'importance croissante (de 1 à 5), afin de mieux prévoir les dangers à l'approche d'un ouragan. Entre 1900 et 1982, 136 ouragans ont frappé de plein fouet les États-Unis, dont 55 étaient au moins de catégorie 3. C'est la Floride qui a essuyé les ouragans les plus violents et les plus nombreux, suivie du Texas, de la Louisiane et de la Caroline du Nord (Herbert et Taylor, 1979).

### Les facteurs influant sur la morbidité et la mortalité

Bien qu'il occasionne beaucoup de dégâts matériels, le vent n'est pas le facteur le plus meurtrier lors d'un ouragan. La plupart des victimes meurent en effet noyées. Les inondations qui accompagnent un ouragan peuvent être causées par des pluies torrentielles ou par un raz-de-marée. Selon le Service météorologique des États-Unis, les raz-de-marée seraient à l'origine de 9 décès sur 10 associés aux ouragans (Herbert et Taylor, 1979). En ce qui concerne les catégories professionnelles les plus touchées, les ouragans (typhons) font surtout des victimes dans la navigation et les transports (à cause de la mer démontée et des vents violents); chez les monteurs de lignes électriques ou téléphoniques, souvent appelés à faire des réparations alors que la tempête fait encore rage; parmi les sapeurs-pompiers et les forces de police, qui organisent les évacuations et assurent la protection des biens des personnes évacuées; et au sein du personnel médical d'urgence (voir également ci-dessus à ce sujet la partie «Les inondations et les raz-de-marée»).

### La prévention, les mesures de contrôle et les besoins en matière de recherche

L'incidence des décès et des traumatismes associés aux ouragans (typhons) a chuté considérablement ces vingt dernières années dans les régions où l'on a mis en place des systèmes d'alerte rapide perfectionnés. Les principales mesures de prévention à prendre sont les suivantes: identifier les précurseurs météorologiques des tempêtes tropicales, suivre la trajectoire de celles-ci et évaluer leurs probabilités de se transformer en ouragans; mettre en place un système d'alerte précoce de façon à pouvoir rapidement évacuer la population en cas de besoin; appliquer des règles très strictes en matière d'occupation des sols et de construction dans les zones à haut risque; et mettre au point des plans d'intervention prévoyant l'évacuation ordonnée de ces zones et l'hébergement des personnes évacuées.

Comme les facteurs météorologiques contribuant aux ouragans ont fait l'objet de nombreuses études, les informations sur la question sont abondantes. On aurait toutefois besoin d'en savoir davantage sur l'évolution variable de l'incidence et de l'intensité des ouragans dans le temps. Les plans d'intervention devraient être évalués après chaque ouragan et il faudrait déterminer si les immeubles construits pour résister aux vents violents peuvent également résister aux raz-de-marée.

## Les tornades

### La formation et les modes de survenue

Les tornades se forment lors de la rencontre de masses d'air présentant des températures, des densités et des dynamiques différentes. Cette rencontre produit de puissants courants ascendants et de gros cumulo-nimbus qui se transforment en spirales tourbillonnantes lorsqu'ils sont traversés par de forts vents de travers. En aspirant encore plus d'air chaud à l'intérieur du nuage, ce vortex accélère la rotation jusqu'à ce que se forme sous le nuage une trombe d'une grande violence (*Time-Life*, 1992). Une tornade de force moyenne parcourt approximativement 3,2 km sur une largeur de 45 m, balayant une superficie d'environ 0,15 km<sup>2</sup> avec des vents pouvant souffler jusqu'à 480 km/h. Les tornades sur-

viennent dans les régions où les fronts chauds et froids peuvent entrer en collision et engendrer des conditions instables. Malgré la probabilité extrêmement faible (0,0363) qu'une tornade frappe un endroit précis, certaines régions, comme le Midwest aux États-Unis, sont particulièrement exposées.

#### **Les facteurs influant sur la morbidité et la mortalité**

Des études ont montré que les personnes qui se trouvent dans des résidences mobiles ou dans des véhicules légers sur le passage d'une tornade sont exposées à un très grand danger. Ainsi, à Wichita Falls, au Texas, les occupants de résidences mobiles courent quarante fois plus de risques que les occupants de maisons en dur d'être victimes de blessures graves ou fatales, alors que les personnes circulant en voiture en courent cinq fois plus (Glass, Craven et Bregman, 1980). La principale cause de décès est le traumatisme craniocérébral, suivie des lésions par écrasement de la tête ou du tronc. Les fractures sont le type le plus courant de blessures non mortelles (Mandlebaum, Nahrwold et Boyer, 1966; High et coll., 1956). Les travailleurs qui passent la plus grande partie de leur temps de travail dans des véhicules légers ou dans des bureaux aménagés dans des résidences mobiles seraient donc les plus exposés. Les facteurs de risque évoqués pour le personnel de nettoyage dans la partie «Les inondations et raz-de-marée» s'appliquent également ici.

#### **La prévention, les mesures de contrôle et les besoins en matière de recherche**

La meilleure façon de prévenir les décès et les traumatismes associés aux tornades est d'émettre les mises en garde appropriées et de veiller à ce que la population se conforme aux mesures prévues. Aux États-Unis, le Service météorologique s'est équipé d'instruments perfectionnés, comme le radar Doppler, qui lui permettent de détecter les conditions favorables à la formation des tornades et d'émettre des mises en garde en conséquence. Une *veille* de tornade signifie que les conditions favorables à une tornade sont réunies dans une région donnée; une *alerte* à la tornade signifie qu'une tornade a été observée dans une région donnée et que les personnes qui y habitent doivent se mettre à l'abri, c'est-à-dire se réfugier dans le sous-sol de leur maison, dans une pièce intérieure ou dans un placard ou, si elles se trouvent à l'extérieur, s'abriter dans un fossé.

Des recherches devraient être faites pour établir si les mises en garde sont bien diffusées et évaluer dans quelle mesure les gens s'y conforment. Il faudrait également déterminer si les abris recommandés offrent une protection suffisante et recueillir des données sur le nombre de morts et de blessés parmi tous ceux qui sont appelés à travailler pendant les tornades.

### **La foudre et les incendies de forêt**

#### **Les définitions, les causes et la survenue**

Lorsqu'un cumulo-nimbus se transforme en orage, des charges électriques positives et négatives s'accumulent dans différentes parties du nuage et au sol. Quand le potentiel électrostatique devient trop grand, les charges négatives et les charges positives s'attirent en provoquant une décharge, l'éclair, qui traverse le nuage ou passe du nuage vers le sol. Si la plupart des éclairs se déplacent de nuage en nuage, 20% passent du nuage au sol. L'éclair qui se déplace entre le nuage et le sol peut être soit positif, soit négatif. L'éclair positif, plus puissant, risque davantage d'allumer un incendie de forêt. La foudre ne peut déclencher un incendie que si elle frappe un combustible facilement inflammable, comme des aiguilles de pin, de l'herbe ou de la résine naturelle. Le feu qui prend dans du bois en décomposition peut passer inaperçu pendant longtemps. La foudre déclenche plus souvent des incendies lorsque la pluie du nuage s'est évaporée avant

d'atteindre le sol; c'est ce que l'on appelle la foudre sèche (Fuller, 1991). Dans les régions rurales sèches, comme en Australie et dans l'ouest des États-Unis, 60% des incendies de forêt seraient causés par la foudre.

#### **Les facteurs de morbidité et de mortalité**

La plupart des sapeurs-pompiers morts en service sont victimes d'accidents de camion ou d'hélicoptère ou de chutes d'objets, plutôt que du feu lui-même. Les coups de chaleur provoqués par une élévation de la température corporelle au-dessus de 39,4 °C peuvent aussi entraîner la mort ou des lésions cérébrales. Le monoxyde de carbone constitue également un danger, en particulier lors des feux couvants. À l'occasion d'une étude, des chercheurs ont constaté que le sang de 62 sapeurs-pompiers sur 293 affichait des concentrations de carboxyhémoglobine supérieures au maximum admissible de 5% après 8 heures passées sur la ligne de feu (Fuller, 1991).

#### **La prévention, les mesures de contrôle et les besoins en matière de recherche**

À cause des dangers et du stress mental et physique associés à la lutte contre les incendies, les équipes de sapeurs-pompiers ne devraient jamais travailler plus de 21 jours d'affilée et devraient bénéficier de 1 jour de repos tous les 7 jours. Outre le port d'un équipement de protection approprié, les sapeurs-pompiers doivent se conformer à certaines règles de sécurité: prévoir des trajets sûrs, rester en communication avec leurs coéquipiers, prendre garde aux dangers, suivre la météo, vérifier les consignes et agir avant que la situation ne devienne critique. Les instructions habituelles de la lutte contre les incendies recommandent en particulier de bien observer le comportement de l'incendie, d'utiliser des vigies et de donner des ordres clairs et compréhensibles (Fuller, 1991).

Au nombre des mesures qui contribuent à la prévention des feux de forêt provoqués par la foudre, mentionnons la surveillance des combustibles (comme les broussailles ou les arbres facilement inflammables tels que l'eucalyptus), la maîtrise de l'urbanisation dans les secteurs exposés aux incendies et la mise en place de systèmes de détection rapide. À cet égard, il existe maintenant de nouvelles techniques, comme les systèmes infrarouges montés sur hélicoptère, qui permettent de vérifier si les coups de foudre signalés par les services de guet et les autres systèmes de détection ont effectivement déclenché des incendies et de cartographier les points chauds pour les équipes d'intervention sur le terrain et de largage par hélicoptère (Fuller, 1991).

Il faudrait recueillir davantage d'informations sur le nombre et les circonstances des décès et des traumatismes associés aux incendies de forêt causés par la foudre.

## **LES AVALANCHES: LES DANGERS ET LES MESURES DE PROTECTION**

*Gustav Poinstingl*

Depuis l'époque où il s'est installé dans les régions montagneuses, l'être humain s'est exposé aux dangers qui leur sont particuliers. Parmi les plus perfides de ces dangers figurent les avalanches et les glissements de terrain qui ont prélevé, et continuent de prélever encore aujourd'hui, un lourd tribut de victimes.

Lorsqu'une montagne est recouverte de plusieurs mètres de neige en hiver, il arrive, dans certaines circonstances, qu'une masse de neige accrochée à ses flancs abrupts ou à son sommet se détache du sol et glisse sous l'effet de son propre poids. D'énormes