

Evaluation des risques dans différentes activités humaines*

par T.A. Kletz

Les agents des services de sûreté, les dirigeants d'entreprises et les bureaux d'étude doivent faire face à un dilemme permanent. Certains accidents entraînent rarement des conséquences graves, décès ou blessures mais on ne peut écarter totalement le risque et les personnes concernées estiment donc qu'elles doivent faire quelque chose pour les prévenir si elles ne veulent pas être partiellement responsables d'un décès ou d'une lésion. L'élimination de tous les risques, si infimes soit-ils, reste toutefois impossible. Comment décidons-nous des risques à considérer en priorité et de ceux que l'on peut négliger, au moins dans l'immédiat? Autrement dit, comment répartissons-nous les ressources selon les risques?

Dans le passé, la solution consistait à dépenser sans compter pour éliminer tous les risques dont un accident avait révélé l'existence en ignorant les autres risques éventuels. Il fallait parfois ne pas regarder de trop près à certains risques existants, de crainte d'en découvrir d'autres et d'avoir à les éliminer. Une telle méthode n'est bien évidemment pas à recommander. Que les ressources disponibles soient importantes ou réduites, nous devons les utiliser au mieux de l'intérêt de nos concitoyens et d'une manière qui soit logiquement défendable. Ce dernier point est important. Si je pars du principe que les risques que font courir la foudre, le transport de produits chimiques ou l'alpinisme sont faibles et qu'il suffit de les ignorer, alors que mon interlocuteur juge qu'ils sont élevés et qu'ils exigent des mesures immédiates, une discussion entre nous sera difficile. Au contraire, s'il existe une échelle de mesure des risques communément admise, un dialogue deviendra possible.

Nous ne devons pas oublier que nous vivons dangereusement, quoi que nous fassions, même lorsque nous restons chez nous. Nous n'acceptons délibérément de courir des risques que si nous estimons que le jeu en vaut la chandelle. Nous pratiquons l'escalade ou la voile et nous fumons parce que nous en tirons une satisfaction qui à notre avis vaut le risque. Nous acceptons d'être pilotes de ligne ou soldats ou missionnaires parmi les cannibales parce que nous estimons que la rémunération ou l'intérêt professionnel ou encore le bien que nous faisons à autrui justifient le risque auquel nous nous exposons. Dans l'industrie, nous nous efforçons d'éliminer les risques connus, il n'en subsiste pas moins une certaine forme de risque, si faible soit-elle, pour les employés et les usagers concernés. En l'acceptant, nous gagnons notre vie et nous fabriquons des produits qui permettent aux autres et nous permettent à nous-mêmes de mieux vivre.

* Cet article est paru dans *Endeavour*, New Series Volume 4, No 2, 1980, Pergamon Press, Oxford (Angleterre). Reproduction autorisée.

Mr. Kletz est Professeur de science industrielle à l'Université de Loughborough et Conseiller pour la sécurité de l'ICI Petrochemicals à Wilton (Angleterre).

Différentes méthodes numériques

Des tentatives ont été faites, notamment au cours des 10 ou 15 dernières années, de recourir à des méthodes numériques pour fixer un ordre de priorité en matière de sécurité. Ces tentatives sont connues sous le nom d' "analyse des risques"; elles comportent deux méthodes distinctes.

Evaluation du pour et du contre. Dans cette méthode, connue parfois sous le nom d'arbitrage, on exprime sous forme d'unités courantes, monétaires en général, les avantages et inconvénients de différents types d'action, ce qui permet en les opposant les unes aux autres, de déterminer le type d'action présentant le plus grand nombre d'avantages nets. En d'autres termes, on met en balance le pour et le contre de chaque proposition. C'est ainsi par exemple que nous pouvons comparer le coût de prévention d'un accident au coût des dommages matériels et corporels qu'il peut entraîner, ce dernier étant multiplié par le degré de la probabilité d'un tel accident. On peut ainsi comparer le coût de l'élimination de la pollution au coût des dégâts que celle-ci peut entraîner.

Dans le Royaume-Uni, cette méthode a été consacrée par la loi. L'expression "raisonnablement réalisable", qui apparaît si souvent dans la législation britannique édictée en matière de sécurité prévoit "que l'on effectue un calcul consistant à placer la part du risque sur l'un des plateaux de la balance et le sacrifice qu'impliquent les mesures nécessaires à son élimination (qu'il s'agisse d'argent, de temps ou de gêne causée) sur l'autre; si un déséquilibre important apparaît, le risque étant insignifiant par rapport au sacrifice à consentir, les défendeurs se libèrent alors des responsabilités qui leur incombent" [1].

La méthode du pour et du contre est satisfaisante si l'on considère des accidents pouvant endommager les installations ou entraîner des pertes de production mais ayant peu de chance de provoquer des dommages corporels chez les individus. Cependant, lorsque l'on considère des accidents pouvant entraîner la mort ou des dommages corporels, et quoi qu'en dise la loi, l'exercice devient plus difficile, puisqu'il s'agit d'attacher une valeur chiffrée à la vie humaine. Un certain nombre de tentatives méritoires ont cependant été entreprises en ce sens [2 et 3], mais elles n'ont pas recueilli l'adhésion générale et il est donc préférable, dans la mesure du possible, de ne pas utiliser les chiffres qu'elles ont fournis.

Les conséquences indirectes d'un accident sont également difficiles à évaluer. Aussi, les tentatives de traduire en valeur monétaire les conséquences intangibles de la pollution se sont avérées peu concluantes. Des bilans généraux n'ont pu être obtenus que dans un certain nombre de cas [4 et 5] et les résultats des études correspondantes n'ont en général guère emporté la conviction.

C'est pour ces raisons que la plupart du temps dans la recherche d'une formule numérique applicable aux problèmes de sécurité on a fait appel à la seconde méthode, qui consiste à fixer une norme ou un objectif, et c'est cette méthode qui est utilisée dans le Royaume-Uni, en pratique sinon dans le principe.

Fixation d'une norme ou d'un objectif. Une entreprise, une branche industrielle, ou une administration fixe une norme qui doit être respectée ou un objectif qui doit être atteint. Ces normes ou objectifs se rapportent à des risques très divers. Ils spécifient par exemple la hauteur des mains courantes, les concentrations de produits chimiques toxiques dans l'atmosphère, les niveaux de bruit sur les lieux de travail ou les quantités de matières polluantes qui peuvent être rejetées dans l'atmosphère ou déversées dans une rivière. Dans l'idéal, les objectifs devraient être fixés de telle sorte que les niveaux de risque soient comparables. Nous ne devrions pas dépenser de l'argent à surélever des mains courantes si le risque de basculer dans le vide était inférieur au risque que fait peser la présence de produits toxiques dans l'atmosphère. Dans la pratique, bien entendu, il existe souvent un

décalage des objectifs les uns par rapport aux autres, parfois même à l'intérieur de la même industrie.

Je voudrais maintenant décrire certaines méthodes de ce second type qui ont été mises au point pour essayer de répartir rationnellement nos ressources en matière de sécurité. Ces méthodes s'appliquent principalement à des problèmes découlant de dangers graves ou immédiats: incendies, explosions et rejets importants de gaz toxiques, mais on s'efforce actuellement de les appliquer également à des risques chroniques ou étalés sur de longues périodes. Bien entendu, on n'essaye pas de prouver que ces méthodes sont intellectuellement satisfaisantes, même si on souhaiterait qu'elles le fussent, mais plutôt qu'elles aident les industriels à utiliser plus efficacement leurs ressources au mieux des intérêts des individus concernés. Elles sont essentiellement conçues pour être utilisées par des agents d'exécution. De plus amples détails à ce sujet sont fournis dans les références [6 à 12].

Risques auxquels sont exposés les employés

Avant de pouvoir fixer un objectif en matière de sécurité, nous devons disposer d'une échelle pour le mesurer. Une échelle de mesure s'est révélée pratique: le taux de fréquence des accidents mortels (TFAM); il s'agit du nombre total d'accidents mortels relevés dans un groupe de mille individus sur la durée d'une vie de travail (soit cent millions d'heures). Pour l'industrie chimique britannique, le TFAM est d'environ 4, si l'on exclut la catastrophe de Flixborough, ou d'environ 5 si l'on étale la catastrophe de Flixborough sur dix années. Le tableau 1 ci-après indique le TFAM de quelques autres industries.

La moitié environ du TFAM dans l'industrie chimique représente des risques d'accidents indépendants de la nature de l'industrie: chute dans un escalier ou renversement par un véhicule par exemple. Le reste du TFAM doit être attribué à des accidents propres à l'industrie chimique: incendies, explosions et émanations de produits toxiques. Si nous sommes sûrs d'avoir identifié dans l'industrie chimique tous les risques spécifiques liés à une tâche particulière, selon la norme que nous fixons l'individu accomplissant cette tâche ne doit pas être exposé à un TFAM supérieur à deux pour ces risques spécifiques. A titre prioritaire, ces derniers seront éliminés ou ramenés au-dessous de cette limite dans les installations nouvelles ou existantes.

Pour la majorité des usines, nous ne pouvons être certains d'avoir déterminé tous les risques spécifiques; aussi, nous devons préciser que chaque risque quel qu'il soit et pris isolément ne doit pas présenter pour un travailleur un TFAM supérieur à 0,4. Nous éliminerons ou réduirons en priorité tout danger de ce type dans une installation récemment construite ou non dans laquelle ce taux est dépassé. Nous supposons donc que, dans une installation type, il existe environ cinq risques spécifiques.

Lorsqu'un poste est occupé par un travailleur pendant deux mille heures par an, un TFAM de 0,4 correspond à un accident mortel tous les 125 000 ans. Si le poste est occupé en permanence dans le cadre d'un travail par équipe, le TFAM équivaut alors à un accident mortel tous les 30 000 ans.

L'expérience a montré que le coût d'une telle élimination ou d'une telle réduction des risques, même s'il est souvent élevé, reste supportable. Les mesures à prendre entraînent l'industrie chimique dans des dépenses que certains de nos concurrents n'assument pas, mais une partie des investissements peut être compensée par la diminution des primes d'assurance à verser, une autre par la meilleure fiabilité que l'introduction de mesures de sécurité entraîne souvent; le reste constitue une "taxe" que l'on s'impose à soi-même et qui doit être contrebalancée par une meilleure productivité.

Tableau 1. TFAM de différentes industries britanniques

Confection et industrie de la chaussure	0,15
Construction automobile	1,3
Industrie chimique	4
Industrie britannique (ensemble des établissements régis par la législation sur les accidents du travail)	4
Métallurgie et constructions navales	8
Agriculture	10
Mines de charbon	14
Pêche	36
Centres de triage ferroviaires	45
Montage (dans l'industrie du bâtiment)	67

Risques auxquels est exposée la population

Lorsque l'on considère les risques que fait peser l'industrie sur l'ensemble de la population, on aboutit à un niveau de risque qui est très supérieur au niveau de risque susceptible d'être considéré comme acceptable, même à court terme. Un individu choisit de travailler pour un employeur particulier ou une entreprise donnée et, sauf s'il choisit une profession particulièrement dangereuse, les risques qu'il court ne sont pas bien supérieurs à ceux qu'il pourrait courir en restant chez lui. Par contre, des risques peuvent être imposés à une certaine population sans qu'elle l'ait choisi et, même si la société dans son ensemble peut y trouver un avantage, il n'en va peut-être pas de même pour cette population. Ainsi, les personnes vivant à proximité d'aéroports ne souhaitent pas toutes voyager par avion.

Chauncy Starr [13, 14] a fait remarquer que nous acceptons des risques volontaires, tels ceux qu'impliquent la conduite d'automobiles, les voyages en avion et le tabagisme, qui nous exposent à un risque de décès de un sur 100 000 et plus (parfois bien plus) par personne et par an (TFAM de 0,1). Nous acceptons également, sans protester ou si peu, un certain nombre de risques involontaires qui nous exposent à une éventualité d'accidents mortels d'environ un sur dix millions ou moins par personne et par an (TFAM de 0,001). Le tableau 2 fournit une liste de quelques-uns de ces risques volontaires et involontaires. Il convient de souligner que ces chiffres ne sont qu'approximatifs et qu'ils ont parfois été calculés à partir d'hypothèses différentes. En outre, parmi les sources d'études de risques, déjà relativement peu nombreuses, certaines se copient les unes les autres, de telle sorte que, une fois introduite, toute erreur est répétée dans les divers documents et acquiert une aura d'authenticité. Il convient donc de vérifier l'origine de chaque chiffre utilisé avant de l'utiliser dans un calcul. Nous acceptons volontairement des risques très élevés; nous en acceptons d'autres, qu'on nous impose sans nous demander notre avis, s'ils ne sont pas excessifs. Les risques involontaires figurant au tableau 2 pourraient être réduits si la presse et l'opinion exerçaient les pressions voulues mais, dans l'ensemble, de telles pressions n'existent pas. Le risque d'être frappé par la foudre ou écrasé par un avion est si limité que nous acceptons les accidents mortels que l'un et l'autre peuvent à l'occasion provoquer sans élever la voix. Citons le *Daily Telegraph* [18] qui commentait les appels lancés en faveur du lancement d'un programme d'urgence en vue de l'acquisition de chasse-neige au Royaume-Uni: "Cela reviendrait quasiment à s'assurer contre les morsures de serpent

9 **Tableau 2. Comparaison des risques volontaires et involontaires**

Volontaires		Involontaires	
	Risque de décès par personne et par an ($\times 10^{-5}$)		Risque de décès par personne et par an ($\times 10^{-7}$)
Tabagisme (20 cigarettes/jour)	500	Se faire renverser par un véhicule routier (Etats-Unis)	500
Alcoolisme (une bouteille de vin/jour)	75	Se faire renverser par un véhicule routier (Royaume-Uni)	450
Football	4	Inondations (Etats-Unis)	22
Course automobile	120	Tremblement de terre (Californie)	17
Alpinisme	4	Cyclones (Middle West des Etats-Unis)	22
Conduite d'une automobile	17	Tempêtes (Etats-Unis)	8
Motocyclisme	200	Foudre (Royaume-Uni)	1
Absorption de pilules contraceptives	2	Chute d'aéronefs (Etats-Unis)	1
Absorption de saccharine (sur la base de la consommation moyenne des Etats-Unis)	0,2	Chute d'aéronefs (Royaume-Uni)	0,2
Consommation de beurre de cacahuètes (4 cuillerées à soupe par jour)	4	Explosion de cuves sous pression (Etats-Unis)	0,5
Exposition diagnostique aux rayons X (sur la base du taux moyen d'exposition aux Etats-Unis)	1	Rejet de produits radioactifs par une centrale atomique (en bordure du site) (Etats-Unis) (à 1 km) (Royaume-Uni)	1 1
Partager la chambre ou le bureau d'un fumeur (sur la base du taux moyen d'exposition des Etats-Unis)	1	Rupture de digues (Hollande)	1
		Morsures et piqûres d'animaux venimeux (Royaume-Uni)	1
		Transport d'essence et de produits chimiques (Etats-Unis)	0,5
		Transport de pétrole et de produits chimiques (Royaume-Uni)	0,2
		Leucémie	800
		Grippe	2000
		Chute de météorite	0,0006
		Emission de rayons cosmiques due à l'explosion de supernovas	0,1-0,0001

La plupart de ces données sont extraites de Gibson [référence 12], Starr [références 13, 14], Pochin [références 15, 16], et Hutt [référence 17]. Pour les quatre derniers chiffres de la colonne de gauche, Hutt a supposé une relation linéaire; ces chiffres peuvent donc être erronés s'il existe un seuil d'exposition au-dessous duquel aucun effet dangereux n'est à craindre.

ou contre la foudre. Il n'est pas possible de se prémunir contre tout." Nous acceptons les risques très élevés des voyages en automobiles, sans doute parce que leurs avantages sont certains et évidents. Pour les désastres naturels, nous acceptons des risques de un sur un million environ par personne et par an. En ce qui concerne les dangers créés par l'homme, et si l'on fait exception de la circulation routière, il semble que nous soyons prêts à accepter des risques d'un sur dix millions par personne et par an. La leucémie et la grippe ont été incluses dans la liste des exemples de risques que nous n'acceptons pas volontairement. Il existe en effet une pression pour qu'une action soit entreprise. La plupart des gens apporteraient leur soutien à des initiatives tendant à lutter contre ces maladies mais, pour beaucoup, les risques inhérents à d'autres maladies ne méritent guère de retenir l'attention.

Nous disposons donc d'une base pour évaluer les risques que représente pour l'ensemble de la population une activité industrielle. Si, pour les personnes concernées, le risque moyen est inférieur à un sur dix millions par personne et par an, il doit être accepté, du moins à court terme, et aucune ressource ne doit être prévue pour l'éliminer. Un risque d'un sur dix millions par personne et par an est bien entendu extrêmement faible. Pour mieux nous le représenter, nous pouvons l'exprimer de la façon suivante: à supposer que l'on élimine toutes les causes de décès, sauf celles qui résultent d'une activité industrielle particulière, toutes les personnes vivant à proximité des usines concernées vivraient, en moyenne, dix millions d'années.

Un tel risque est très largement inférieur à celui proposé dans le rapport sur Canvey Island [19], un rapport officiel récent sur les risques que font ou feront courir à la population les raffineries de pétrole et unités industrielles similaires exploitées ou prévues sur une île de l'estuaire de la Tamise. Toutefois, pour un grand nombre de gens, le rapport a exagéré l'importance des risques courus et la différence est donc moins grande qu'il ne semblerait à première vue. Les auteurs eux-mêmes admettent à la dernière page du rapport que les risques qu'ils ont prévus peuvent avoir été exagérés puisqu'ils indiquent: "Les personnes responsables dans la pratique de l'élimination des risques industriels ont tendance à éprouver physiquement le sentiment que les estimations de risques contenues dans le rapport sont quelque peu incertaines". Ce dernier constitue toutefois le point de départ d'une nouvelle étape, dans la mesure où il indique que les instances officielles reconnaissent désormais qu'il est impossible de supprimer tout risque d'accident concevable et qu'il convient d'avoir recours à des méthodes numériques pour décider d'un niveau de risque acceptable.

Le terme de 'risque acceptable' fait partie de ces termes que beaucoup de gens répugnent à accepter. Je comprends cette réticence et je ne suis pas loin de penser avec eux que "nous ne devrions jamais accepter délibérément que d'autres personnes soient exposées à des risques". Cela est évident, mais nous ne pouvons tout faire à la fois; certaines actions doivent être menées en priorité et d'autres remises à plus tard. En effet, pour répéter ce qui a déjà été dit, une analyse des risques consiste à définir des priorités plutôt que des principes.

Exemples d'analyses de risques

Je souhaiterais fournir quelques exemples de problèmes auxquels ont été appliqués des méthodes numériques ainsi que les critères définis dans le présent document ou des critères semblables pour décider si des mesures devaient être prises en vue de réduire le niveau d'un risque ou protéger le public de ses éventuelles conséquences.

L'oxydation est un procédé industriel courant qui consiste à utiliser de l'air ou de l'oxygène pour convertir un composé en un autre composé. Si l'on ajoute trop d'air ou

d'oxygène, il peut se produire une explosion. On a donc recours à des analyseurs d'oxygène pour mesurer la concentration d'oxygène dans l'installation et si cette concentration tend à devenir dangereuse, l'arrivée d'air ou d'oxygène est habituellement coupée automatiquement. Néanmoins, un certain nombre d'explosions se sont produites [20]. Ces explosions soulèvent un certain nombre de questions. Combien faut-il d'analyseurs d'oxygène pour les empêcher? Doit-on doubler le système d'arrêt? Doit-on mesurer, en plus de la concentration d'oxygène, la température et la pression pour décider de couper l'alimentation d'oxygène? Avec quelle fréquence doit-on tester les instruments? L'analyse des risques peut apporter une réponse à ces questions [21].

Il faut noter que l'élimination complète du risque ne fait pas partie des options possibles. Nous pouvons réduire la probabilité d'une explosion jusqu'au niveau souhaité, quel qu'il soit, en installant un nombre d'instruments de plus en plus grand, avec les conséquences financières que cela comporte, mais la courbe des risques a la forme d'un asymptote et la sécurité totale ne peut jamais être atteinte. Sauf si on a recours à l'analyse des risques, on ne dispose donc d'aucune base rationnelle pour décider de l'importance des instruments de protection à installer.

Ceintures et bretelles

L'argument développé dans la section précédente peut être illustré par un exemple quotidien: celui de l'utilisation des ceintures et bretelles. L'accident que nous souhaitons empêcher est la gêne que nous éprouverions si nous perdions notre pantalon faute des accessoires nécessaires. Nous supposons que tout danger de chute par usure est écarté grâce à une inspection et à un remplacement réguliers et que nous ne nous intéressons qu'aux accidents provoqués par des défauts de fabrication que nous ne pouvons détecter à l'origine et qui sont dus au hasard.

Nous supposons également qu'une paire de bretelles cède en moyenne après dix années d'utilisation et que les ceintures cèdent de la même façon et avec la même fréquence. Nous considérons enfin qu'une chute de nos pantalons tous les dix ans ne constitue pas un risque acceptable.

Avec quelle fréquence une ceinture et une paire de bretelles cèdent-elles en même temps? Si l'une ou les autres cèdent, nous ne nous en apercevons qu'en enlevant notre pantalon à la fin de la journée. En supposant que ce pantalon soit porté seize heures par jour, on peut dire qu'en moyenne chaque homme porte une ceinture cassée pendant huit heures tous les dix ans et des bretelles déchirées pendant huit heures tous les dix ans également. Le coefficient de durée d'indisponibilité (CDI) des bretelles est donc le suivant:

$$\frac{8}{16} \times \frac{1}{10} \times \frac{1}{365} = 0,000137$$

et le CDI de la ceinture est identique.

Le risque de voir le second dispositif de soutien céder alors que le premier ne remplit plus sa fonction est le suivant:

$$2 \times \frac{1}{10} \times 0,000137 = 2,74 \times 10^{-5} \text{ par an,}$$

soit une fois tous les 36 500 ans.

La rupture conjuguée de la ceinture et des bretelles surviendra donc une fois tous les 36 500 ans. Pour un individu, un tel risque est acceptable. Cependant, la Grande-Bretagne compte environ vingt-cinq millions d'hommes et, si chacun d'eux porte une

ceinture et des bretelles, 685 hommes perdront leur pantalon chaque année. Sur le plan national, le risque de voir un si grand nombre d'individus dans une situation aussi gênante est jugé inacceptable.

Pour réduire encore le risque, chaque homme pourrait porter un troisième dispositif de protection, à savoir une seconde paire de bretelles. Un simple calcul indique qu'une telle mesure réduirait le taux de rupture par individu à une chute de pantalon toutes les 133 000 000 années et, pour l'ensemble du pays, à une fois tous les cinq ans. L'introduction d'un troisième dispositif de protection entraînerait cependant un investissement supplémentaire considérable et rendrait le système si compliqué que de nombreux hommes renonceraient à l'utiliser. Une autre solution consisterait à obtenir de chaque homme qu'il procède toutes les deux heures à une inspection de sa ceinture et de ses bretelles pour s'assurer que ni l'une ni les autres n'ont cédé. Cette mesure ramènerait le taux de rupture par individu à une chute de pantalon tous les $36\,500 \times 8 = 292\,000$ ans soit, pour l'ensemble du pays et en nombre d'individus concernés à $685/8 = 85$ hommes par an. On peut considérer un tel niveau de risque comme acceptable, mais est-il possible de persuader chaque homme d'inspecter ses 'dispositifs de protection' avec la régularité nécessaire et quel serait le coût de surcroît de moyens pédagogiques à mettre en place pour arriver à ce but?

Cet exemple pris dans la vie quotidienne illustre les observations générales suivantes:

- 1) Un risque peut être ramené à un niveau désiré, quel qu'il soit, par un doublement du matériel de protection, mais il ne peut être éliminé complètement: il subsistera toujours un certain risque, aussi limité soit-il. Même avec trois dispositifs de protection, une rupture conjuguée peut intervenir non pas au bout de 133 000 000 d'années, mais au bout d'un an.
- 2) La méthode utilisée ci-dessus n'est pas spécieuse, mais ses résultats valent ce que valent les données d'entrée. Si le taux de rupture des ceintures ou des bretelles ne correspond pas à une chute de pantalon une fois tous les dix ans, mais une fois tous les cinq ou vingt ans, la conclusion à laquelle on est parvenu sera erronée, l'erreur étant multipliée non par deux mais par quatre pour deux dispositifs de protection et par huit pour trois dispositifs de protection.
- 3) L'événement dont nous souhaitons empêcher la réalisation n'est pas la chute de nos pantalons, mais l'atteinte à notre amour-propre. Disons que la moitié des chutes de pantalons se produit lorsque nous sommes seuls ou chez nous et qu'elle n'a alors pas d'importance; on introduit donc à nouveau un facteur de deux. En appliquant la comparaison à une situation industrielle, ce ne sont pas les explosions que nous souhaitons empêcher mais les dégâts ou blessures qu'elles peuvent provoquer; les explosions qui n'en produisent pas sont acceptables.
- 4) Un risque qui est acceptable pour un individu peut ne pas l'être pour l'ensemble d'une communauté.
- 5) Il est plus facile d'inventer des appareils ou des systèmes de protection que de persuader les gens de les utiliser. La plupart des accidents sont dus à une mauvaise utilisation du matériel et non à un défaut de ce matériel.

Critères simplifiés

Une analyse de risques peut se faire sans calcul de TFAM, des critères plus simples pouvant souvent être utilisés. On s'est ainsi aperçu, dans une usine chimique, que du liquide froid pouvait pénétrer dans une tuyauterie et la rendre cassante au point de provoquer des fissures.

Des instruments ont donc été installés pour prévenir ce risque et la question s'est posée de savoir quel devrait être leur degré de fiabilité. Il s'est avéré en l'occurrence que la probabilité d'apparition de fuites dans la tuyauterie à la suite de la pénétration du liquide froid était faible en comparaison de la probabilité d'une rupture de la tuyauterie pour toute autre raison [10]. Nous avons déjà insisté sur la nécessité de faire, dans une certaine mesure, la distinction entre les risques que courent les travailleurs et les risques que court la population. A.N.A. Dicken [22] et J.G. Sellers [23] ont décrit une méthode permettant de déterminer toutes les circonstances pouvant conduire à un rejet de chlore hors d'une installation et de déterminer l'importance et la probabilité du rejet. Cela étant fait, ils ont évalué la concentration de chlore aux limites de l'installation et l'ont comparée avec les chiffres de concentration fixés comme objectifs. Ils ont considéré qu'une 'nuisance' était acceptable une fois par an, qu'un rejet pouvant entraîner 'une certaine gêne' était acceptable tous les dix ans et qu'un rejet pouvant provoquer 'des lésions corporelles ou mettre des vies humaines en danger' était acceptable une fois par siècle. Toutes ces expressions ont été traduites en termes de concentration et de durée.

E.H. Siccama, du *Directoraat-Generaal van de Arbeid*, le Service d'inspection du travail dans les établissements industriels des Pays-Bas [24], a analysé les risques que présente pour la population le stockage d'acrylonitrile. Son étude est intéressante en ce qu'elle constitue une tentative de mesure quantitative entreprise par un organisme officiel. M. Siccama estime que, si un réservoir est situé à 2500 mètres d'une zone d'habitation, la population court des risques aux 'effets négatifs irréversibles' une fois tous les 60 000 ans. Si l'unité de stockage est constituée de six réservoirs, ces effets se feront sentir une fois tous les 10 000 ans, fréquence que M. Siccama considère comme acceptable. Cette fréquence correspond en fait à celle d'une rupture possible des digues en Hollande, ce qui correspond (tableau 2) à un risque mortel pour les individus vivant derrière les digues de 10^{-7} par personne et par an. La question que pose cette étude est sans doute la suivante: si l'on ne consacre pas les ressources nécessaires pour ramener le risque d'inondation et de mort par noyade au-dessous d'un certain niveau, pourquoi devrait-on le faire pour ramener les risques de dégagements d'acrylonitrile et d'empoisonnement de la population à un niveau inférieur?

Les risques de rejets de gaz toxiques sont également analysés dans le rapport sur Canvey Island [19], qui indique que le complexe de l'estuaire de la Tamise peut provoquer, même si cela est improbable, un grand nombre de morts. L'expérience acquise montre cependant que lorsque des rejets de gaz toxiques se sont produits, le nombre des décès enregistrés a toujours été relativement faible puisqu'il est de 0,3 par tonne de chlore et de 0,02 par tonne d'ammoniac rejetée [25].

Des risques d'une nature différente peuvent exister lors du transport par route de matières présentant un danger potentiel. Supposons qu'un demi-produit est transporté sur près de 400 km par route en vue d'une transformation ultérieure. Ce demi-produit se présente sous la forme d'une solution aqueuse et il ne présente aucun danger, mais l'on consacre de l'argent à transporter l'eau à laquelle il est mélangé. On se propose donc de transporter à la place un produit de remplacement qui n'est plus dilué et donc corrosif. Cette solution permet de réduire la quantité à transporter de plus de 80 pour cent. La question qui se pose est de savoir si le risque couru par la population lors du transport d'un produit chimique dangereux est suffisamment faible pour être accepté, sachant qu'une matière non dangereuse mais plus volumineuse peut être transportée à la place. On tient pour acquis que le transport est effectué dans des véhicules de la meilleure qualité et par des chauffeurs expérimentés.

En utilisant des chiffres moyens de décès provoqués par les accidents de la route ordinaires et par les accidents de véhicules transportant des produits chimiques, il a été possible de

démontrer qu'en réduisant le volume de la matière à transporter de 5/6, on sauvait en moyenne une vie tous les douze ans, même en tenant compte du fait qu'avec un véhicule transportant des produits chimiques la probabilité d'un accident entraînant un décès est légèrement plus élevée qu'avec un véhicule transportant une matière non dangereuse.

Ce qu'il en coûte de sauver une vie

J'ai déjà indiqué plus haut que je préférais "la fixation d'objectifs" à "l'évaluation du pour et du contre", mais nous devrions peut-être nous attacher à étudier de plus près la seconde méthode, qui peut constituer un critère accessoire de décision utile. Si nous adoptons les objectifs que j'ai décrits, quelles sommes devons-nous dépenser pour sauver une vie et quelle est leur importance relative pour rapport aux investissements faits par ailleurs?

Il existe de nombreux domaines dans lesquels des responsables doivent décider de l'importance des sommes à consacrer pour sauver des vies humaines. Les jugements à l'origine de ces décisions sont en général implicites. Les gens ne disent pas consciemment 'nous allons dépenser jusqu'à 100 000 livres pour sauver une vie'; néanmoins, les sommes dépensées et le nombre de vies sauvées nous permettent de calculer ce que cela sous-entend. En réunissant des chiffres de ce type, nous devrions pouvoir déterminer la valeur que la société attache réellement à la vie humaine.

Comme Craig Sinclair [26] l'a démontré, la valeur attachée à la vie humaine dans l'industrie varie dans des proportions importantes. Dans l'agriculture, on dépensera 2000 livres pour sauver la vie d'un travailleur, dans la sidérurgie 200 000 livres et dans l'industrie pharmaceutique cinq millions. Dans l'ensemble, les industries nouvelles dépensent plus que les industries anciennes. En revanche, l'industrie pharmaceutique n'estime qu'à 10 000 livres la valeur de la vie des tiers. Par contraste, les médecins peuvent sauver des vies humaines avec des sommes comparativement très limitées. Gerald Leach, par exemple, fournit les chiffres suivants [27] qui correspondent à des prix de 1972:

Radiographies pulmonaires des vieux fumeurs	400 livres
Dépistage du cancer du col de l'utérus	1 400 livres
Dépistage du cancer du sein	3 000 livres
Rein artificiel	9 500 livres
Régulateur cardiaque à isotopes	26 000 livres

Peu soucieux des sommes dépensées pour sauver des vies humaines dans d'autres domaines, un auteur d'études médicales a écrit [28]:

"Le coût total d'un lit dans un service de soins intensifs peut atteindre 450 livres par semaine. En d'autres termes, un service de dix lits coûte près de 250 000 livres par an; or, on a calculé que sur 500 admissions environ, on sauvait cinquante vies par an, soit un coût de près de 5000 livres par vie sauvée. Avec des coûts aussi astronomiques, on peut tout naturellement se demander s'il n'est pas immoral de concentrer tant de ressources sur un si petit nombre de patients quand on sait que tant d'autres secteurs de soins médicaux sont négligés".

Dans l'industrie chimique, l'expérience a montré que pour atteindre les niveaux de sécurité proposés dans les chapitres précédents, nous devons être prêts à dépenser jusqu'à un million de livres approximativement par vie sauvée. Et il suffit que quelques-uns proposent de faire plus encore pour que nous ayons l'impression que nos propres ressources ou celles du pays ne sont pas utilisées à bon escient. Cela ne veut pas dire que nous devons accepter les risques mais nous devons rechercher une solution moins onéreuse. A l'usage on a pu voir dans la pratique qu'une telle solution peut en général être trouvée.

Si nous disons que des risques doivent être supprimés à condition que le coût n'en soit pas trop élevé, mais que nous pouvons les accepter s'il en coûte trop de les éliminer, tout risque devient alors trop cher à supprimer. Si, en revanche, nous pouvons dire qu'au-delà d'un certain niveau, qui peut varier d'une industrie à l'autre et dans le temps, tous les risques doivent être réduits, alors les techniciens trouveront, dans la pratique, un moyen 'raisonnablement réalisable' de parvenir à ce but.

En dépit de la publicité faite autour du seul accident de Flixborough, les chiffres indiqués précédemment m'incitent à me demander si les industries et les procédés chimiques sont trop sûrs. Consacrons nous une part trop importante des ressources du pays à éliminer les risques que cette industrie ou ce procédé font courir aux travailleurs concernés ou à la population? L'argent et le temps ainsi dépensés dans ce secteur ne sauveraient-ils pas plus de vies humaines s'ils étaient consacrés à la suppression des risques existant dans les mines de charbon ou dans l'industrie du bâtiment ou encore dans les transports routiers? Ne serais-je pas moi-même mieux employé à persuader les gens de ne pas fumer?

Malheureusement, si les industries de transformation dépensaient moins en matière de sécurité, il n'existe aucun mécanisme social permettant de consacrer l'argent ainsi épargné aux mines ou aux routes par exemple. En outre, la société ne progresse pas, dans quelque domaine que ce soit, en avançant uniformément sur un large front. Elle progresse au contraire par pointes: une firme ou une industrie se détache du peloton; elle montre ainsi le chemin et les autres suivent. Les industries de transformation, ainsi que de nombreuses autres industries plus récentes, ont fait la preuve, en dépit des risques intrinsèques que représentent les matières qu'elles utilisent et des quelques incidents qui ont fait les gros titres des journaux, qu'il était possible d'atteindre un haut niveau de sécurité industrielle. L'industrie du bâtiment et d'autres industries présentant un fort taux d'accidents suivront peut-être cet exemple. Néanmoins, un certain degré de nivellement est sans doute souhaitable. En Grande-Bretagne, l'Etat contrôle directement et l'industrie nucléaire et les services de santé; pourtant, la valeur attachée implicitement à la vie humaine dans ces deux industries est tout à fait différente.

L'avenir

Le recours à des analyses de risques dans les industries de transformation constitue désormais une pratique bien établie. Quels sont les changements à prévoir au cours de la prochaine décennie? Jusqu'à présent, les analyses de risques ont été appliquées à des dangers dont les effets se font sentir immédiatement. Il est probable que ces méthodes seront étendues aux risques chroniques, ceux qui mettent un certain temps à produire leurs effets, risques inhérents à certains produits chimiques, à l'amiante, aux rayonnements, au bruit, par exemple. Certaines indications permettent déjà de penser que, dans un certain ordre de grandeur, les critères déjà établis pour les risques chroniques sont conformes à ceux établis pour les risques directs.

La façon d'aborder le sujet dans le présent article pourra paraître à certains froide et dure. Je ne pense pas qu'elle le soit. Comme tous les autres biens, la sécurité s'achète, mais à un certain prix seulement. Plus nous dépensons en matière de sécurité, moins nous avons de sommes à consacrer à la lutte contre la pauvreté et la maladie ou à l'achat des produits et des services qui rendent la vie digne d'être vécue, pour nous-mêmes ou pour les autres. Quelles que soient les sommes que nous consacrons à améliorer la sécurité, nous devons les dépenser de telle sorte que l'homme puisse en tirer le maximum de bienfaits. Ce n'est pas faire oeuvre humanitaire que de dépenser sans compter pour diminuer un risque sous prétexte qu'il a fait un jour la une des journaux et d'ignorer le reste.

Références

- [1] Fife I. and Machin E.A., "Redgraves Health and Safety in Factories", Butterworth, Londres (1976) 36.
- [2] Mooney G.H., "The Valuation of Human Life", Macmillan, Londres (1977).
- [3] Jones-Lee M.W., "The Value of Life", Robertson, Londres (1976).
- [4] Frost M.J., "Values for Money - The Techniques of Cost Benefit Analysis", Gower Press, Londres (1971).
- [5] Programmes Analysis Unit, "An Economic and Technical Appraisal of Air Pollution in the United Kingdom", HMSO, Londres (1972).
- [6] Kletz T.A.I., Chem. E. Symposium Series No. 34 (1971) 75.
- [7] Kletz T.A., *Loss Prevention*, 6 (1972) 15.
- [8] Kletz T.A., In "Chemical Engineering in a Changing World", Ed. W.T. Koetsier, Elsevier, Amsterdam (1976) 397.
- [9] Kletz T.A., *Hydrocarbon Processing*, 56 (Mai 1977) 297.
- [10] Kletz T.A., *Chem. Engng. Prog.* 74 (Oct. 1978) 47.
- [11] Bulloch B.C.I., Chem. E. Symposium Series No. 39a (1975) 289.
- [12] Gibson S.B., *Chem. Engng. Prog.* 72 (Févr. 1976) 59.
- [13] Starr C., *Science*, 165 (1969) 1232.
- [14] Starr C., In "Perspectives on Benefit-Risk Decision Making", National Academy of Engineering, Washington (1972) 17.
- [15] Pochin E.E., *Br. med. Bull* (1975) 184.
- [16] Pochin E.E., *Proceedings of the Symposium on the Assessment of Exposure and Risk, Society of Occupational Medicine* (1973) 35.
- [17] Hutt P.B., "Unresolved Issues in the Conflict Between Individual Freedom and Government Control of Food Safety", *Conference on Public Control of Environmental Health Hazards, New York Academy of Sciences* (29 juin 1978).
- [18] *Daily Telegraph* (3 Jan. 1979) Editorial comment.
- [19] "Canvey", Londres, HMSO (1978).
- [20] Kletz T.A., *Loss Prevention*, 12 (1979) 96.
- [21] Stewart R.M.I., Chem. E. Symposium Series No. 34 (1971) 99.
- [22] Dicken A.N.A., *Proceedings of the Chlorine Bicentennial Symposium* (1974) 244.
- [23] Sellers J.G.I., Chem. E. Symposium Series No. 47 (1976) 127.
- [24] Siccama E.H., *De Ingenieur*, 85 (1973) 502.
- [25] Advisory Committee on Major Hazards, *Second Report*, HMSO (1979) 11-12.
- [26] Sinclair C., "Innovation and Human Risk", Centre for the Study of Industrial Innovation, Londres (1972).
- [27] Leach G., "The Bocrats", Chapter 11, Penguin Books, Rickmansworth (1972).
- [28] Miller H., "Medicine and Society", Oxford University Press, Oxford (1973) 63.