

**PRINCIPES DIRECTEURS  
SUR LA GESTION DES RISQUES  
ET LA PRÉVENTION DES ACCIDENTS  
DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE**

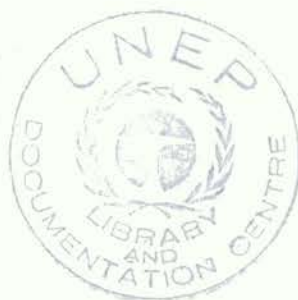


---

PNUE - Série de Principes Directeurs Industrie et Environnement

---

Principes Directeurs  
sur la Gestion des Risques  
et la Prévention des Accidents  
dans l'Industrie Chimique



Département industrie et environnement  
PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT

Man  
Eia  
Rook/9

copyright © PNUE 1985

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne pourra être reproduite, mise en mémoire ou transmise sous quelque forme que ce soit ou par des moyens électroniques, électrostatiques, mécaniques, par photocopie, enregistrement, bande magnétique, ou autres procédés, sans l'autorisation écrite des dépositaires du copyright.

Première impression 1985

ISBN 92 807 2072 3

La formulation et la présentation du contenu de cette publication ne constituent pas l'expression d'une quelconque opinion du PNUE quant au statut juridique d'un pays, territoire, ville ou zone ou de ses autorités, ni la délimitation de ses frontières ou limites. En outre la mention de marques ou de procédés commerciaux n'implique aucun assentiment de la part du PNUE.

(i)

### AVANT-PROPOS

Dans l'étude de l'industrie chimique et de l'environnement, la gestion des risques et la prévention des accidents ont été identifiées comme l'un des domaines majeurs auxquels on doit accorder une attention particulière. Un des groupes de travail de l'atelier du PNUÉ sur les aspects environnementaux de l'industrie chimique, qui s'est tenu à Genève du 22 au 25 mai 1979, a examiné cette question. Les participants à l'atelier ont souligné le besoin de conseils concis et pragmatiques portant sur les mesures nécessaires pour gérer les risques et réduire, voire prévenir, les accidents lors de la fabrication de produits chimiques.

Par ailleurs, un des objectifs du PNUÉ est de formuler des principes directeurs pour la réduction des impacts négatifs sur l'environnement d'industries spécifiques. C'est dans ce cadre que les principes directeurs sur la gestion des risques et la prévention des accidents dans l'industrie chimique ont été élaborés.

Ces principes directeurs portent principalement sur les aspects industriels et technologiques des procédés de l'industrie chimique. Ils identifient les enjeux majeurs à prendre en considération lors de la formulation des stratégies et des politiques. Ils s'efforcent ainsi d'agir comme un catalyseur pour préparer des mesures plus précises, de caractère institutionnel, administratif et technique, nécessaires à la gestion efficace des risques et à la prévention des accidents lors de la fabrication de produits chimiques.

(iii)

REMERCIEMENTS

Les principes directeurs sur la gestion des risques et la prévention des accidents dans l'industrie chimique ont été rédigés, pour le PNUE, par la société CREMER and WARNER Limited, sous la direction générale du professeur Sir Frederick Warner (F.R.S.), et la coordination de M. D.G. Blackburn.

Les personnes suivantes ont fourni de précieux conseils et commentaires :

- M. Y. J. Ahmad, Directeur chargé des tâches spéciales, Assistant du Directeur Exécutif, PNUE, Kenya
- M. H. J. Dunster, Deputy Director General, Health and Safety Executive, Royaume-Uni
- M. Fong Seok Phoy, Anti-Pollution Unit, Prime Minister's Office, Singapour
- M. E. Hellen, Chief, Occupational Safety and Health Branch, Working Conditions and Environment Department, Bureau International du Travail, Suisse
- M. C. Henry, Laboratoire d'économétrie de l'Ecole Polytechnique, France
- Dr M. W. Holdgate, CB, Chief Scientist and Deputy Secretary, Department of the Environment and Transport, Royaume-Uni
- Dr F. L. Kafka, ICI Holland BV, Pays Bas
- M. S. Garry Howell, Industrial Environmental Research Laboratory, United States Environmental Protection Agency, Etats-Unis d'Amérique
- M. D. Larré, Directeur, Département Industrie et Environnement du PNUE, France
- Dr E. Meinsma, Shell Nederland Chemical BV, Pays-Bas
- Dr D. Schmidt, Assistant Spécial du Directeur Exécutif, PNUE, Kenya
- M. M. H. Sokkar, Planning and Projects Manager, Al Nasr Company for Manufacturing Coke and Chemicals, Egypte
- M. J. I. Waddington, Director, Promotion of Environmental Health, Bureau Régional de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour l'Europe, Danemark

(iv)

MM. Lagadec et Merkelbach ont contribué à l'établissement de la version en langue française des principes directeurs.

M. Nay Htun, Administrateur, responsable du programme au PNUE, a assuré le suivi du projet.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
Avant-propos	(i)
Remerciements	(iii)
Table des matières	(v)
1 Introduction	1
2 Principes généraux et définitions	5
3 Identification des situations potentiellement dangereuses	7
3.1 Etude préliminaire des dangers	7
3.2 Revue des problèmes d'ingénierie	12
3.3 Plan de disposition interne (lay-out)	14
3.4 Problèmes de transport	14
3.5 Conclusions	15
4 Estimation du danger et des conséquences	16
4.1 Matières inflammables	16
4.2 Matières toxiques	17
4.3 Méthode d'estimation	17
5 Calcul de probabilités : quantification	18
6 Critères	21
7 Normes d'ingénierie et codes de pratique	25
8 Aspects liés à la gestion	26
9 Plans d'urgence	30
10 Conclusions et résumé	32
11 Références	34

## 1. INTRODUCTION

Ce document propose des principes directeurs en ce qui concerne les éléments et les facteurs importants susceptibles de faciliter l'appréciation et la décision, afin de contribuer à prévenir les accidents dans la fabrication de produits chimiques industriels.

Dans ce contexte, les produits chimiques industriels comprennent les produits chimiques organiques et inorganiques, les produits médicaux et pharmaceutiques, les teintures, les produits de tannerie et les colorants, les huiles essentielles, les cosmétiques et les produits de toilette, les produits d'entretien, les engrais, les explosifs et les produits pyrotechniques, les résines synthétiques et les plastiques, les dérivés de la cellulose et les pesticides. Cette classification est celle généralement adoptée par les Nations-Unies et exclut les matières radioactives qui exigent un traitement plus spécialisé.

Ceux qui élaborent les politiques et prennent les décisions dans ces domaines seront également responsables de la prévention des accidents. Cet objectif est souvent atteint par des mesures spontanées qui consistent à demander et donner des conseils et à former le personnel. Bien qu'une base réglementaire soit nécessaire, une usine bien gérée ne devrait pas avoir à faire face à des situations vraiment critiques.

Il se produit des accidents partout, pas seulement dans l'industrie, et en raison de leur nature même ils ne seront jamais complètement empêchés ou éliminés. La réduction de l'incidence des accidents et la limitation de leurs conséquences est un objectif plus réaliste. Un accident, dans ce contexte, est une déviation par rapport aux conditions normales d'exploitation prévues qui peut entraîner des lésions corporelles, des décès, une réduction de l'espérance de vie ou une perte d'agrément, des pertes de ressources matérielles et des impacts sur l'environnement. Le décideur sera appelé à porter une appréciation de gestionnaire pour définir la meilleure façon d'appliquer la législation ainsi que les recommandations professionnelles et techniques, et ce dans le but d'obtenir les meilleures normes de sécurité et de prévention des accidents. Cet exercice, qui exige de la compétence en matière de gestion, de la discrétion et de l'autorité, est appelé la gestion des risques.

Ces principes directeurs se limitent à des principes fondamentaux. Les détails ont été éliminés autant que possible. Ceux, qui ont à prendre des décisions obligatoires sur des questions de politique et qui ont la responsabilité de faire effectivement appliquer cette politique, seront conseillés par des experts appartenant à une grande variété de disciplines spécialisées. La possibilité de disposer de conseils techniques éclairés est essentielle pour le décideur appelé à prendre en dernier ressort la responsabilité de l'utilisation effective de ressources tout en réduisant les risques.



La prévention des accidents exige en premier lieu une appréciation des circonstances dans lesquelles les accidents peuvent arriver. Ceci implique que soit établie une liste complète des dangers qui peuvent exister dans la fabrication de produits chimiques, leur stockage, leur confinement et leur livraison en vrac au point d'utilisation. Une fois identifiée, la conséquence potentielle du danger doit être évaluée et la probabilité de sa survenance doit être estimée. Cette combinaison de conséquences et de probabilités permettra de classer les risques d'une façon logique pour indiquer les zones de risque important. Ainsi, la direction et l'autorité de contrôle, d'entente avec d'autres groupes intéressés, y compris les travailleurs, peuvent décider à quel moment des mesures particulières deviennent inutiles.

Un des éléments les plus importants et difficiles de la prise de décision est la définition des critères d'après lesquels le niveau de risque quantifié peut être considéré comme acceptable et donc jusqu'à quel point les autorités peuvent se permettre d'exiger des normes de sécurité susceptibles d'impliquer des investissements en capital, des coûts de fonctionnement et des inconvénients sociaux très importants. En fait, on peut affirmer sans crainte de se tromper que l'élimination complète des accidents et la recherche d'un risque zéro impliquent l'absence de toute activité. Il faut donc bien peser cette aspiration par rapport aux avantages que la fabrication des produits chimiques apporte à la société et notamment sa contribution pour l'emploi, l'amélioration du niveau de vie, l'augmentation de l'espérance de vie, du niveau de santé et du bien-être social. Il est également vrai que le refus de prendre de petits risques calculés dans un secteur d'activité peut engendrer de plus grands risques ailleurs.

L'évaluation du risque du point de vue de son acceptabilité pose un autre problème, à savoir celui de la décision relative aux conséquences qu'entraînerait sur le plan social la perte d'une seule ou d'un petit nombre de vies humaines comparées avec l'impact d'un accident causant de nombreux décès. Les probabilités de survenance sont habituellement des fonctions inverses du nombre de morts. Cependant, sur le plan émotionnel, une catastrophe a un effet beaucoup plus grand sur les décisions collectives que l'érosion humaine régulière résultant d'une série d'accidents mineurs. Alors que les théories et les statistiques concernant de tels événements sont bien documentées, les décisions qui en découlent sont basées davantage sur une opinion subjective que sur une évaluation quantitative.

Bien qu'il y ait des limites à l'évaluation quantitative absolue des risques et à la précision numérique de la définition de l'acceptabilité, l'utilité des méthodes et des techniques, permettant de situer et de définir de façon relative ces zones de risque sensiblement accru, ne fait aucun doute. Ceci permet au gestionnaire de déployer ses moyens de façon à pouvoir optimiser ses

ressources pour réduire le risque le mieux possible. L'optimisation des ressources doit comporter un débat entre le gestionnaire et les travailleurs afin d'aboutir à l'agrément de procédures, de caractère réglementaire ou instructif, qui serviront à la fois à réduire les risques et à instaurer la confiance.

Le fait de disposer de ressources limitées pour atteindre cet objectif de réduction du nombre des accidents soulève la question de savoir comment affecter le plus efficacement ces ressources pour obtenir le meilleur résultat. Dans ce cas, la question ne se pose pas en termes d'acceptabilité mais d'optimisation. La réduction du nombre des accidents entraînant des pertes en vies humaines ou des lésions corporelles ne se prête pas à un calcul quantitatif ou mathématique. L'amélioration du bien-être social peut être très diffuse dans l'espace, dans le temps et en profondeur et elle est, de par sa nature même, extrêmement difficile, sinon impossible à quantifier. Même si un risque répond à un critère d'acceptabilité, aussi imprécise et arbitraire que soit sa définition, la question de savoir quel effort peut être justifié pour continuer à le réduire reste un problème pour la direction et, de plus en plus, pour la société. Bien que les profanes puissent percevoir le risque de façon subjective, il est important que leurs représentants élus et spécialisés soient appelés à apprécier le rapport coût-avantage d'une réduction supplémentaire du risque aussi objectivement que possible et en toute connaissance de cause.

Les propos ci-dessus ont été limités à la question du jugement de valeur sur les conséquences d'un accident. En ce qui concerne l'évaluation des pertes matérielles et corporelles potentielles et des mesures justifiées qui peuvent être prises pour les prévenir, le problème est relativement simple. En effet, les techniques de l'analyse coût-efficacité peuvent être rigoureusement appliquées dans ce cas de façon à ce que la rentabilité financière d'une dépense donnée puisse être quantifiée et optimisée, à la fois par rapport à la valeur en capital de l'usine et des biens et aux pertes d'exploitation pendant le remplacement des équipements. L'entrepreneur peut aussi quantifier et couvrir la plupart des pertes potentielles par des contrats d'assurance appropriés, mais bien entendu la société dans son ensemble peut pâtir de ces pertes accidentelles, même si des compensations adéquates ont été prévues.

L'acceptabilité sociale de l'industrie dépend du sentiment que le public n'en souffrira pas. Même si les assurances ne font pas défaut, les pertes de vies humaines résultant d'un accident industriel provoquent des réactions d'hostilité. Aussi le gestionnaire est-il fortement incité, dans son propre intérêt, à prévenir les accidents, car une comptabilité stricte des pertes et profits peut occulter des problèmes plus vastes.

Les méthodes générales de gestion des risques et leur mise en oeuvre sont analysées avec plus de détails ci-dessous. Mais l'absence de valeurs absolues et invariables pour définir ce qui est

acceptable ou inacceptable montre clairement que, si le décideur peut être aidé par des évaluations quantitatives, il reste seul pour trancher sur des sujets où son jugement doit jouer un rôle très important. Cependant, la population essaiera aussi de participer par l'intermédiaire de ses représentants spécialisés.

## 2. PRINCIPES GENERAUX ET DEFINITIONS

Tandis que les principes exposés ci-dessous ont un caractère général, l'industrie chimique, à laquelle ils se réfèrent ici, est définie comme étant celle où circulent et sont transformés des produits chimiques organiques et inorganiques industriels. Ceci peut impliquer leur changement d'état ou de composition (ou les deux), leur stockage, leur chargement et déchargement, leur transport et leur livraison en vrac au point d'utilisation ainsi que le traitement et l'élimination des sous-produits sous forme d'effluents gazeux ou liquides ou de rejets solides.

Les termes dans les domaines de la gestion des risques et de la prévention des accidents sont souvent utilisés de façon inexacte et il est important qu'ils soient définis avec précision, afin qu'il n'y ait aucune confusion quant à leur signification et aux implications découlant de leur examen. Les définitions suivantes seront utilisées dans ces principes directeurs :

- sécurité : situation qui résulte de l'absence réelle de risques inacceptables en matière de préjudices personnels, de lésions corporelles ou de pertes de ressources matérielles,
- accident : déviation involontaire par rapport aux conditions normales d'exploitation avec, en général, une tendance à réduire la sécurité,
- danger : ensemble de conditions dans l'exploitation d'un produit ou d'un système potentiellement susceptible de déclencher une série d'accidents,
- analyse du danger : identification et spécification des dangers, détermination des probabilités d'accidents et de leurs conséquences,
- risque : effet combiné d'une probabilité de survenance d'un événement indésirable et de l'importance de cet événement,
- estimation du risque : analyse intégrée du risque et de sa quantification,

- évaluation du risque : comparaison des résultats de l'estimation du risque par rapport à d'autres risques existant, en vue d'en déterminer l'acceptabilité,
- gestion du risque : aspect de l'estimation du risque qui combine la probabilité de survenance d'un évènement nuisible avec ses conséquences et qui utilise les paramètres en résultant comme aides pour optimiser l'application des moyens en vue de minimiser la probabilité de lésions corporelles, de pertes de vies humaines ou le gaspillage de ressources humaines ou matérielles, et
- gestion de la sécurité : application de principes d'organisation et de gestion pour parvenir à la réduction du risque.

### 3. IDENTIFICATION DES SITUATIONS POTENTIELLEMENT DANGEREUSES

Des dangers peuvent exister presque partout et on ne peut parvenir à prévenir les accidents et leurs conséquences négatives qu'en identifiant d'abord les dangers potentiels, en estimant leur importance et, si les circonstances le justifient, en prenant des mesures pour améliorer la situation. On a tout intérêt à commencer ces études au tout début de la conception des projets, lorsque la sécurité intrinsèque du processus de fabrication des produits chimiques et la méthode d'exploitation envisagées sont étudiées sur le plan de la sécurité et du confinement des matériaux. Les méthodes permettant d'identifier les dangers potentiels vont des listes de contrôle très simples jusqu'aux procédures extrêmement complexes où l'on étudie de façon très détaillée les différentes ramifications de séquences d'évènements pour s'assurer que chaque élément technique, où des défaillances accidentelles pourraient se produire, a été soigneusement analysé et les causes, les effets et les conséquences ont été évalués. Ces études s'appuient sur des banques de données, de plus en plus fournies, sur les propriétés des matériaux, des pièces et des structures qui permettent d'estimer les taux de défaillance avec une précision de plus en plus grande.

L'identification des dangers potentiels et l'évaluation de la sûreté d'une usine devraient être entreprises à tous les stades du développement d'un projet, c'est-à-dire depuis la conception du projet jusqu'à l'exploitation de l'usine. Différentes techniques d'identification des risques sont possibles à chacun de ces stades et des exemples sont cités dans le Tableau 1. Une liste utile de références décrivant ces techniques figure dans LEES (1980), alors qu'un bon exemple d'une méthode, maintenant bien établie, pour identifier les dangers potentiels tout au long d'un projet, qui a été développée par ICI, se trouve dans GIBSON (1975).

Si le rôle du décideur n'exige pas sa participation à ces études détaillées, il lui incombe néanmoins de veiller à ce que ces études aient été menées à bien par des experts compétents en la matière, qui compléteront et jugeront en toute indépendance le travail de l'équipe chargée du projet de l'ingénierie chimique et celui des nombreux spécialistes qui ont participé à l'estimation des facteurs de risque contenus dans les propositions.

Les principes sur lesquels sont basées l'identification et la localisation des risques potentiels dans une unité de production chimique peuvent être résumés comme il suit ci-dessous.

#### 3.1 Etude préliminaire des dangers

Une connaissance détaillée des propriétés intrinsèques et complètes des matériaux manipulés est souhaitable de façon à fournir des informations sur le danger potentiel résultant des effets d'une défaillance des systèmes de confinement de l'usine chimique. Pour ce faire, des dispositifs de notification de plus en plus nombreux ont été mis en place au cours des dernières années, à la fois aux niveau

TABLEAU 1TECHNIQUES DE CONTROLE DE SURETE ET D'IDENTIFICATION DU DANGER

- 1 Etude, pour tous les matériaux, des données relatives à la toxicologie, la réactivité, l'inflammabilité.
- 2 Application des indices de risque.
- 3 Vérification de la conception des procédés, opérations, équipements, instruments.
- 4 Analyse de la stabilité des procédés en conditions perturbées.
- 5 Analyse qualitative des défaillances.
- 6 Analyse quantitative des défaillances.
- 7 Réduction du risque par la modification du procédé et de la conception.
- 8 Mise en oeuvre de programmes de contrôle de la sécurité et pour assurer la qualité pendant la construction, la mise en marche, l'exploitation et la maintenance, y compris :
  - inspection des matériaux et équipements
  - tests non destructifs
  - surveillance de la corrosion et de l'état général
  - analyse des tâches des opérateurs et procédures d'exploitation
  - plan d'urgence

national et international, pour mieux dépister les substances potentiellement dangereuses. Cependant, une information vraiment complète sera rarement disponible et il n'y aura jamais assez de données pour se forger une opinion sans faille. De façon générale, le décideur doit simplement observer les normes requises par la collectivité et peut présumer que leur respect sera considéré comme suffisant.

Le rejet de matières peut provoquer la mort ou des lésions corporelles par brûlure ou ébouillantage chimique ou thermique, explosion, asphyxie, toxicité ou congélation. De tels dangers peuvent augmenter très rapidement si la fuite elle-même s'aggrave en raison d'un affaiblissement des structures de l'usine, provoqué par l'action de la chaleur, du souffle, du froid, de la corrosion ou par l'attaque chimique. Pour la plupart des produits chimiques industriels et des matières de base correspondantes, il existe une documentation abondante qui donne des détails sur les propriétés dangereuses des matières, aussi bien pour ce qui est de leur capacité à émettre de l'énergie, de provoquer des incendies et des explosions, qu'en ce qui concerne leurs effets sur la santé et le bien-être des individus. Des exemples de compilations très utiles sur les propriétés des matières dangereuses sont données dans NFPA (1975), SAX (1975) et RETHERICK (1975). L'information concernant les produits chimiques doit inclure non seulement un inventaire complet des réactions possibles, mais aussi une information exhaustive sur les effets des matières contaminantes et sur les dangers particuliers liés à la forme physique de ces matières. En effet, le danger peut être aggravé par l'élargissement des surfaces actives produites par le broyage et par la présence de poussières et autres particules fines. La réactivité des matières premières et des produits aux substances courantes du milieu ambiant, comme l'eau et l'air, peut aussi être source de danger.

Certaines formes de réactions chimiques, généralement de nature exothermique, peuvent être à l'origine de production auto-entretenu d'énergie qui, une fois déclenchée, peut se développer très rapidement et souvent de façon exponentielle avec le temps. Les températures très élevées qui en résultent créent des pressions qui peuvent aboutir à une explosion. Elles peuvent produire des vapeurs hautement inflammables et qui peuvent atteindre leur seuil de détonation en se mélangeant avec l'air ou des matières oxydantes. Les vapeurs peuvent facilement se diffuser et provoquer des effets toxiques, narcotiques, incendiaires ou explosifs sur une vaste zone.

On doit prendre en compte, aussi bien les effets immédiats d'un rejet accidentel important, que les dommages à retardement à long terme de rejets relativement faibles d'une matière nocive ou active sur le plan toxicologique. Ces effets peuvent résulter soit d'un petit rejet discontinu dû à un accident, soit être la conséquence de déviations mineures du processus d'exploitation, qui bien qu'apparemment infimes sur le plan de l'amplitude peuvent persister pendant une très longue période.



Le problème peut être particulièrement difficile à résoudre dans le cas de procédés ou produits nouveaux, lorsque la quantité d'informations de référence est encore limitée. Ceci est particulièrement important dans l'estimation des effets toxicologiques des produits chimiques impliqués. En effet, dans l'histoire de l'industrie chimique, il a été démontré que de nombreux produits chimiques avaient des effets à long terme à des concentrations bien plus faibles que celles jugées initialement sans danger.

L'expérimentation animale et la surveillance médicale des populations ont été utilisées pour essayer de quantifier la relation entre la cause et l'effet. Ajoutées à l'expérience industrielle, elles constituent la base des valeurs limites des seuils (Threshold Limit Value - TLV). Celles-ci représentent les conditions auxquelles on estime que la majorité des travailleurs peut être exposée de façon continue sans subir de préjudice.

Il existe pour le milieu professionnel d'autres critères utilisés pour évaluer les effets toxiques des rejets : ce sont les limites d'exposition en cas d'urgence (Emergency Exposures Limits - EEL), c'est-à-dire les concentrations qui peuvent être tolérées sans que la santé en soit affectée, mais non nécessairement sans provoquer de gênes temporaires aiguës ou d'autres symptômes d'irritation ou d'intoxication. Ces concentrations peuvent être tolérées à court terme par ceux qui sont engagés dans l'opération si cela est nécessaire pour éviter un accident plus sérieux. Ces valeurs varient avec le temps d'exposition.

Des normes similaires, mais plus strictes, s'appliquent à l'exposition du public ou d'une collectivité. Elles sont exprimées en limites d'exposition du public à court terme (Short Term Public Limits - STP) et en limites d'exposition du public en situation d'urgence (Public Emergency Limits - PEL). Bien entendu, la durée d'exposition est très importante dans l'application de ces critères.

Des listes de contrôles (check-lists) peuvent être utilisées pour identifier les dangers et elles peuvent aussi aider à déterminer les actions appropriées. Elles peuvent prendre la forme de questions ou de mots-clé. Bien que de telles listes de contrôles soient utiles pour transmettre l'information au personnel peu qualifié dans les études des dangers et qu'elles aident ainsi à identifier les défauts, leur inconvénient est que les points qui n'y figurent pas ne sont pas contrôlés. On a donc tendance à les compléter au point que, s'allongeant par trop et contenant tant d'éléments étrangers au cas particulier, elles deviennent trop difficiles à utiliser et sont abandonnées.

Cependant, pour les installations qui présentent peu de risques, l'utilisation d'une liste de contrôles peut être suffisante. Une liste de références relative à de telles listes figure dans LEES (1980), et dans BALEMANS (1974) se trouve une liste

de contrôles générale, utile pour l'implantation et la conception des usines. Il est important d'insister sur le fait que de telles listes doivent être utilisées uniquement comme un instrument de contrôle final et non comme un instrument de base pour l'identification des risques.

Au Royaume-Uni, la Commission santé et sécurité (Health and Safety Commission) a inclus dans sa proposition concernant les installations obligatoirement soumises à déclaration (HSC 1976) une liste de contrôles simple qui permet une estimation et une mise en garde immédiates en ce qui concerne les quelques usines qui présentent une possibilité de danger sérieux. Cette liste de contrôles est basée sur les quantités de matières stockées ou traitées dans l'usine. La liste est utile, mais elle n'est bien sûr pas exhaustive. Si les quantités indiquées sont dépassées par un facteur de dix, l'organisation exploitant l'installation classée doit soumettre au responsable de la santé et de la sécurité une étude de danger. Une telle analyse est supposée donner des informations sur les stocks de produits chimiques impliqués, les populations exposées, les procédés et les systèmes de gestion. Une estimation plus détaillée du danger peut être nécessaire et elle est décrite en détail par la Commission consultative pour les risques majeurs du Royaume-Uni dans les premier et second rapports de la Commission santé et sécurité (HSC 1976, 1979).

Une autre procédure pour identifier les zones dangereuses dans les fabriques industrielles, en particulier celles qui utilisent des technologies nouvelles, consiste à utiliser différents indices de danger. Le répertoire de dangers le plus largement utilisé est celui qui a été élaboré par Dow Chemical Company (1976) et qui fournit un guide pour évaluer les besoins de protection en matière d'incendie et d'explosion.

Une fois que les dangers potentiels ont été identifiés, il est alors possible et souhaitable, dans le cas des installations qui présentent des dangers majeurs, d'entreprendre des estimations préliminaires de risque lors de la phase initiale ou de conception du projet pour s'assurer que le choix du site de l'usine et le plan de disposition interne (lay-out) de l'usine sont acceptables. Ces estimations de risque ne peuvent être reprises tant que le projet n'a pas été développé et que d'autres détails ne sont pas disponibles. Cette approche est exposée en détail dans les chapitres 5 et 6 et dans la référence CREMER and WARNER (1978).

En résumé, la compilation des propriétés des produits chimiques qui vont être utilisés doit permettre l'identification de tous les dangers importants et des risques inhérents aux procédés et ce tôt dans la phase de conception de ceux-ci. Si on peut éliminer - ou réduire sensiblement - des produits chimiques particulièrement dangereux, des réactions, des conditions d'exploitation très rigoureuses et des stocks importants de produits chimiques, la nécessité d'une protection étendue de l'installation finale est

évitée. A ce stade, l'attention doit porter sur la question de savoir si la sélection d'un autre procédé, de conditions d'exploitation différentes ou d'autres options de projet est souhaitable pour des raisons de sécurité.

### 3.2 Revue des problèmes d'ingénierie

L'étude du projet d'une usine chimique suppose implicitement l'établissement de toute une série de documents tels que : schémas de procédé, schémas de canalisations et d'instrumentation (P & I), spécifications des différents éléments de l'équipement, plan de disposition interne ainsi que spécifications et codes relatifs à la construction. Dans les phases ultérieures du projet, le manuel d'exploitation est établi par le concepteur-projecteur de l'usine. Le manuel fournira les détails sur la méthode d'exploitation de l'usine, y compris les procédures de sa mise hors service sûre en cas de perturbation et également sur la façon de faire face aux urgences. Pendant leur élaboration, ces documents devront subir une révision critique de la part de spécialistes des procédés, au moment de leur préparation, afin d'identifier les dangers potentiels et de s'assurer que les procédés d'exploitation sont intrinsèquement sûrs de façon à ce que les conséquences d'une éventuelle erreur humaine soient minimisées autant que possible.

Les diagrammes illustrant le réseau de canalisations et d'instrumentation (P & I) doivent également faire l'objet d'un examen systématique dans lequel les effets des déviations par rapport aux conditions prévues d'exploitation doivent être étudiés. L'objet de cet examen est de s'assurer que, en cas de déviation supposée dans un des sous-ensembles de l'usine, un ou plusieurs appareils fonctionneront correctement pour neutraliser la déviation ou pour réagir de sorte, par exemple en déclenchant la fermeture d'une vanne, que cette déviation ne se répercute pas en aval. Ceci peut nécessiter l'installation d'une soupape de sécurité pour protéger le système des surpressions. On se référera au schéma de procédé et aux spécifications des équipements pour évaluer les conséquences sur les équipements et pour s'assurer que les matériaux de construction utilisés sont aptes à résister dans des conditions de fonctionnement perturbées. Les défaillances de type courant devront aussi être identifiées. Celles-ci peuvent être le résultat d'un arrêt de services essentiels comme par exemple les circuits de distribution d'air comprimé ou d'énergie.

En pratique, cette analyse doit considérer les effets des perturbations suivantes sur l'usine :

- perte d'eau de refroidissement
- perte de puissance électrique
- fuite d'air comprimé
- blocage de sous-systèmes
- défaillance de vannes de contrôle (en position complètement fermée ou ouverte)
- incendie.

Il doit être bien établi que les soupapes de décompression, les dispositifs d'alarme et de déconnection ont été installés pour garantir le confinement des matières à l'intérieur de l'usine. Les vapeurs ou gaz qui s'échappent doivent être collectés et éliminés en toute sécurité, soit par un système fermé de combustion ou un système de traitement, selon la nature de ces matières.

L'expérience a montré que les risques de perturbations et d'accidents tendent à se concentrer sur certaines opérations : mise en marche et arrêt, chargement ou déchargement et, bien sûr, toutes les formes d'opérations d'exploitation, discontinues et répétitives, demandent qu'on accorde une attention plus particulière aux détails dans les études de sécurité les concernant que pour les opérations effectuées en régime régulier et continu.

Une procédure méthodique et systématique, connue sous l'appellation "Etude des dangers et d'exploitation" (Hazard and Operability Study) a été développée pour l'examen détaillé des procédés d'ingénierie pour une usine (BCISC, 1977). La méthode est un outil très puissant pour deux raisons. En premier lieu, les analystes sont tenus d'examiner tous les aspects du projet et non pas simplement ceux qu'ils considèrent comme importants. Deuxièmement, il est presque certain que chacun des risques sera rencontré à plus d'une reprise lorsqu'une variable différente est prise en compte.

Le schéma de canalisations et d'instrumentation (P & I) est examiné point par point. Des mots repères sont affectés à chacune des phases du procédé (par exemple pression, température, flux, concentration) permettant ainsi de mettre en évidence les déviations. Les déviations à leur tour tirent à conséquence en termes de danger. Une conséquence sera que l'on entreprenne une modification du projet de l'usine, en fonction de leur caractère de gravité et de la fréquence à laquelle elles peuvent se produire.

L'étude des dangers et d'exploitation implique le recours à des personnes expérimentées possédant une connaissance approfondie à la fois des procédés et de l'analyse des dangers. C'est aussi un travail souvent fastidieux et prenant du temps.

L'une des causes les plus imprévisibles d'accidents est l'erreur humaine. Même un opérateur bien entraîné et compétent peut avoir des défaillances momentanées, causées soit par la fatigue, l'ennui, le stress, la maladie ou une inattention inexplicquée. Le remède habituel pour minimiser les accidents qui s'ensuivent consiste à monter des dispositifs de contrôle automatiques ou autres systèmes de sécurité qui empêchent que les erreurs de l'opérateur soient dangereuses. Cependant, ces dispositifs eux-mêmes peuvent avoir des défaillances, même si leur probabilité peut être considérablement réduite par une conception efficiente, un entretien adéquat et un contrôle régulier. La multiplication de dispositifs de sécurité et de mécanismes fiables pose elle-même des problèmes, dans la mesure où ils peuvent nécessiter des procédures plus compliquées

pour l'arrêt et la mise en marche des opérations de l'usine. Dans le but de savoir si la fréquence de défaillances de l'un de ces systèmes complexes est suffisamment basse, il est nécessaire d'entreprendre des études détaillées se concentrant sur les zones particulièrement sensibles de l'usine ou de l'équipement. Ces études impliquent souvent des analyses avec "arbre de défaillances" (fault tree) ou "arbre d'évènements" (event tree) qui sont utilisées non seulement pour identifier et décrire le développement logique de certaines défaillances, mais aussi pour estimer quantitativement les probabilités de défaillances (voir à ce sujet le chapitre 5).

### 3.3 Plan de disposition interne (lay-out)

Dans les plans de disposition interne, l'absence de bonnes voies de circulation et les obstacles à la liberté de mouvement du trafic sont dangereux. Un espacement suffisant entre les structures peut réduire les effets en chaîne d'un incident dangereux dans l'une d'entre elles. La destruction de structures essentielles, telle qu'une salle de contrôle, peut être désastreuse et ceci peut y nécessiter des renforcements spéciaux assurant la protection contre le souffle et l'incendie dans de telles zones critiques. L'absence de résistance adéquate au feu des matériaux de construction, les mauvais systèmes de ventilation et la présence de sources incendiaires sont quelques-uns des nombreux dangers qu'un examen préliminaire des projets permet d'identifier facilement. Aussi des systèmes de confinement secondaires, des murs de protection contre le souffle, des refuges et l'isolation des tuyaux d'écoulement et des conduites doivent-ils être mis en place pour éviter l'intrusion de matières dangereuses.

La recherche des dangers potentiels d'un site d'usine proposé ne peut pas se limiter aux limites de celle-ci. Les dangers liés aux phénomènes naturels doivent être pris en considération de même que les possibilités d'effets destructifs liés aux accidents ou aux impacts indésirables en provenance d'unités de production adjacentes. Ceci inclut les sources incendiaires indésirées, les émissions de matières corrosives, réactives ou nocives et même la possibilité qu'un accident à proximité de l'installation puisse avoir un impact dangereux sur le nouveau projet proposé.

### 3.4 Problèmes de transport

Les opérations liées au mouvement des matières premières et au chargement des produits chimiques dans des conteneurs et leur transport jusqu'au lieu d'utilisation sont des zones critiques importantes. En plus de l'analyse habituelle de la sécurité des opérations, qui est de même nature que celles auxquelles les autres parties de l'usine sont soumises, il y a là des risques particuliers qui doivent être examinés et minimisés. Par exemple, la probabilité d'écoulements de matières dûs à des erreurs de jonction entre des conduites et les réservoirs ainsi qu'au trop plein de réservoirs.

L'identification claire des conteneurs et de leur contenu est importante et les légendes doivent être complétées de dessins illustratifs pour éviter les difficultés de compréhension dues à la langue.

Le contact entre certains produits peut être à l'origine de réactions violentes à caractère explosif. Si les opérations de chargement et déchargement se répètent de façon discontinues, cela les rend sujettes à l'erreur humaine dans une mesure dépassant la normale. De plus, le transport des conteneurs sur les grandes routes, par mer ou par chemin de fer est susceptible de donner lieu à des accidents qui ne relèvent pas de la responsabilité et échappent au contrôle du fabricant de produits chimiques. Pour cette raison, il peut être nécessaire de spécifier des marges de sécurité supérieures à la normale, dès lors que la probabilité d'accidents de la circulation ou de transport peut introduire un plus grand degré d'incertitude dans l'évaluation du risque.

### 3.5 Conclusions

En résumé, l'identification du danger demande une appréciation imaginative et exhaustive de tout ce qui est susceptible de se produire dans l'usine chimique, et ce en se fondant sur une connaissance approfondie des matériaux à traiter, de l'usine et de ses installations, des méthodes d'exploitation prévues, des possibilités d'impact externe sur les opérations ainsi que des conséquences approximatives résultant d'une défaillance dans l'un de ces domaines.

Les procédures d'identification du danger s'appliquent dès la phase initiale d'étude du projet. Si elles sont mises en oeuvre efficacement à chaque étape successive du projet, et ce jusqu'à la fin des travaux de construction et à l'inspection finale de l'usine au moment de sa remise aux exploitants, la plupart des risques auront été soit éliminés ou du moins réduits à des niveaux acceptables en termes de probabilité d'accidents causant des dommages.

L'analyse de sûreté doit être un processus continu car, au fur et à mesure du développement du projet, depuis le stade de sa conception jusqu'à celui de la construction, des technologies sont parfois modifiées, en fonction du progrès des connaissances. Ces transformations peuvent résulter d'améliorations des procédés ou de méthodes moins coûteuses ou plus efficaces dans les domaines de la mécanique, du génie civil ou de la construction. Il est extrêmement important que l'aspect sécurité de tels changements soit contrôlé aussi efficacement que l'ont été les études préliminaires. Ceci s'applique aussi à toutes les modifications effectuées, quelle qu'en soit la raison, une fois l'usine construite. De plus, une fois l'usine devenue opérationnelle, il est nécessaire de bien contrôler le degré de conscience qu'ont les équipes d'exploitation et d'encadrement des problèmes de sécurité. Le recours à des vérifications de sécurité, appliquées de façon indépendante, peut être d'une utilité particulière pour atteindre cet objectif (voir "safety audits", BCISC, 1973).

#### 4. ESTIMATION DU DANGER ET DES CONSEQUENCES

Les fuites potentielles de matières ou d'énergie doivent être évaluées quantitativement pour déterminer leurs impacts et conséquences. Ceci implique une estimation de l'inventaire approprié et le calcul des taux de fuite et des propriétés de dilution. De tels calculs sont basés sur des hypothèses simplificatrices incorporées dans des modèles mathématiques qui tiennent compte du type de fuite, des propriétés physiques des matières ainsi que des conditions météorologiques et autres qui influent sur la vitesse de dilution de la fuite dans l'atmosphère. Une bonne introduction à certaines de ces techniques d'estimation se trouve dans LEES (1980).

##### 4.1 Matières inflammables

La fuite de matières inflammables et leur inflammation subséquente peut provoquer une large variété d'effets thermiques et explosifs. Le cas le plus simple est celui d'une combustion continue et stable ayant pris naissance au point de fuite et qui se maintient régulièrement jusqu'au moment où le flux de combustible est interrompu ou que le feu est éteint. Le dommage principal est dû au rayonnement thermique, soit à la chaleur produite qui peut porter atteinte à l'environnement et la santé. Cependant, si une citerne est entourée de feu, il est possible que ses parois perdent en résistance du fait des hautes températures. Des ruptures catastrophiques de citernes se sont produites pour cette raison. En de telles circonstances, les matières inflammables sont expulsées violemment et un effet de boule de feu d'intensité explosive se produit par l'inflammation du liquide bouillant. Il s'ensuit un rayonnement thermique très intense et dangereux. On doit tenir compte des effets du feu sur les services essentiels de l'usine, car l'endommagement de l'alimentation énergétique ainsi que de l'appareillage est susceptible de provoquer l'aggravation de l'incident.

Les gaz inflammables ou les vapeurs qui s'échappent lors d'une rupture dans une usine et qui ne s'enflamment pas à la source constituent un danger différent et souvent beaucoup plus grave. Alors que les incendies et explosions locaux immédiats peuvent occasionner des pertes en vies humaines parmi les travailleurs de l'usine, le nombre de personnes se trouvant à proximité immédiate est en général relativement faible. Si le gaz ou les vapeurs inflammables ne s'enflamment pas à la source, il se peut, selon la composition, les caractéristiques physiques, les conditions de la fuite et la situation météorologique, qu'ils se déplacent dans l'atmosphère sur des distances considérables à partir du point de fuite, sous la forme d'un gros nuage. Un tel nuage, au cours de son passage au-dessus d'une zone à forte densité démographique, crée un très grand danger dans la mesure où une source incendiaire inopinée peut provoquer son inflammation avec la possibilité d'un souffle à forte capacité destructive et d'un rayonnement thermique intense. Dans de telles circonstances, il y a lieu de tenir compte de la dispersion et de la dilution de ce nuage ainsi que de la probabilité qu'il s'enflamme en passant au dessus d'une usine, d'un atelier, de maisons d'habitation ou d'une route se trouvant à proximité.

#### 4.2 Matières toxiques

Si les effets visibles des émissions toxiques accidentelles sont moins spectaculaires, elles peuvent néanmoins être dévastatrices. Les matières toxiques peuvent être transportées à des distances considérables dans l'air ou dans l'eau et être ingérées ensuite par des humains. Par exemple, à Seveso en 1976, des fuites de matières chimiques extrêmement toxiques ont été à l'origine de pollutions graves et prolongées. Il en a été de même avec les rejets de catalyseurs à mercure dans la baie de Minimata au Japon.

#### 4.3 Méthode d'estimation

Les bases permettant d'estimer l'ampleur de tels dangers proviennent d'une combinaison de données empiriques et de concepts théoriques. Après l'identification d'un danger potentiel et du rassemblement des données correspondantes, les premières étapes de procédure d'estimation sont la modélisation et la spécification précise des incidents qui peuvent être à l'origine de la fuite, le calcul du volume et de la durée des fuites et la détermination de leur mode de dispersion. Les effets potentiels des fuites, tels que les incendies, les explosions, les asphyxies ou les empoisonnements sont déterminés à partir de modèles de simulation des comportements de ces fuites pendant la durée effective de leur existence, mis en relation avec les données concernant les sources incendiaires, les effets de la dilution sur l'inflammabilité, la toxicité et l'intensité du rayonnement thermique.

Cette représentation des effets nuisibles des fuites, à mesure qu'ils évoluent avec le temps et la distance, est ensuite appliquée à une répartition donnée de population afin que les conséquences puissent être évaluées en termes de décès.

A l'évidence, de tels calculs peuvent être complexes. En effet, un grand nombre d'entre eux ne seraient pas possibles sans le recours à des ordinateurs et à des modèles mathématiques sophistiqués, en particulier lorsqu'on veut analyser la sensibilité de la modification de certains paramètres, par exemple les conditions météorologiques. Le manque de données et de méthodes mathématiques totalement satisfaisantes font que les résultats sont, dans le meilleur cas, approximatifs bien que la compilation et le traitement de données s'améliorent de façon continue.

Le résultat de ces calculs est un ordre de grandeur du nombre de décès qui pourraient être causés par un accident dans l'usine. Il est usuel de l'évaluer séparément pour les travailleurs et autres, à l'intérieur des limites de l'usine, et pour la population qui se trouve à l'extérieur de celles-ci.

Une fois l'estimation des conséquences de tels accidents achevée de la sorte, la phase suivante du processus d'estimation de la sécurité consiste à estimer les probabilités de survenance ; ceci est décrit dans le chapitre qui suit.



## 5. CALCUL DES PROBABILITES : QUANTIFICATION

L'estimation de l'ampleur des conséquences fatales potentielles, examinées dans le chapitre précédent, doit être autant que possible complétée par le calcul des probabilités de survenance. La direction tiendra, en effet, compte du fait qu'en matière de risque un accident potentiel, spectaculaire et dévastateur peut ne pas avoir de signification réelle si sa probabilité demeure suffisamment faible. De même, les conséquences insignifiantes d'évènements dont la probabilité n'est pas négligeable contribuent très peu au risque total. La prochaine étape dans l'estimation de la sécurité de l'usine est donc l'affectation de coefficients de probabilité aux conséquences potentielles dont la nature et l'ampleur éventuelle ont pu être révélées par l'étude des différents facteurs examinés dans les chapitres précédents. Les directeurs responsables utiliseront ces résultats comme base d'une analyse coût-avantage, aussi imprécise ou difficile qu'elle soit à réaliser, en vue de se prononcer sur l'acceptabilité ou non du risque.

Dans l'industrie chimique, un accident survient habituellement quand une partie de l'équipement ne remplit pas sa fonction propre, quand un opérateur fait une erreur ou lorsqu'un facteur externe empêche ou perturbe le fonctionnement prévu. L'évaluation de la probabilité de tels évènements constitue une partie essentielle et vitale de l'estimation du danger. La prévision de la fréquence de ces évènements est une tâche complexe et les résultats n'en sont souvent qu'approximatifs, en particulier lorsque ces cas sont rares et qu'il existe peu d'informations de référence pour guider l'analyste.

Après l'identification et la spécification précise des accidents potentiels ou des défaillances dans le déroulement attendu de la production chimique, le stockage et le système de transport, il existe deux grandes approches pour déterminer les probabilités.

La première méthode utilise les données historiques et les expériences enregistrées sur les défaillances survenues dans des usines pour faire des prévisions globales, sans analyse de détail des causes déterminantes. Une information très détaillée est disponible dans les bases de données, constituées sur de longues périodes, relatives aux défaillances et à leurs causes dans les pipelines et leurs installations connexes, les conteneurs à pression et les systèmes de contrôle. Celle-ci se fonde sur une expérience au niveau mondial et peut donc être utilisée, après avoir été modifiée de façon appropriée, pour estimer les probabilités de défaillance des composants de la plupart des catégories d'usines fabriquant des produits chimiques. L'approche globale consiste à décomposer chacun des éléments de l'usine et à étudier chaque mode de défaillance et tous les facteurs qui y contribuent, et à leur appliquer les données de fiabilité basées sur les statistiques publiées. C'est ce que l'on appelle l'approche par "arbre de défaillances" pour synthétiser les risques et les conséquences de la défaillance de l'ensemble d'une

usine. Une telle approche s'avère particulièrement appropriée dans les cas complexes, où différents types de défaillance sont possibles et lorsqu'il n'existe pas de données exhaustives permettant d'évaluer le système dans son ensemble.

L'analyse en termes "d'arbre de défaillances" a été largement utilisée dans les industries nucléaire et aérospatiale et son usage s'est étendu rapidement dans l'industrie chimique. Cependant, il s'agit d'une technique qui demande beaucoup de travail et dont l'application est onéreuse. Son usage ne se justifie par conséquent que pour l'examen des zones critiques de l'usine chimique où, par exemple, l'intégrité du confinement dépend de la fiabilité d'un système de contrôle complexe. Pour des systèmes simples ou pour des composants isolés, l'utilisation directe des données historiques pour établir la probabilité de défaillance du composant lui-même est préférable et plus commode. Cependant, les données ne sont en aucun cas complètes et une part importante du processus de l'estimation de la sécurité consiste à compiler et à utiliser les données sur des défaillances d'équipements, basées sur l'expérience réelle d'exploitation d'usine.

La probabilité de défaillance ne constitue qu'une partie de la probabilité de subir une perte d'un niveau donné. En fait, une défaillance donnée peut être associée à une certaine variété de niveaux de dommage ultime. Lorsqu'une vapeur inflammable ou une vapeur toxique s'échappe, de nombreux facteurs, tels que l'intervention de l'opérateur, la direction du vent, l'heure de la journée, la répartition de la population, vont influencer sur le nombre d'individus susceptibles d'être exposés à cette vapeur. La présence de sources incendiaires doit être ajoutée à la liste des facteurs qui interviennent dans le calcul des conséquences quand une vapeur inflammable est en jeu. A chacun de ces facteurs on peut associer une probabilité de sorte que l'analyse doit porter sur toutes les combinaisons possibles de situations. Un grand nombre de combinaisons de paires "dommage quantifié-probabilité", calculées pour chaque scénario d'accident, constitue le résultat de base d'une analyse de danger détaillée et exhaustive.

Ces calculs sont approximatifs, car aussi bien les données que les modèles utilisés pour l'analyse sont eux-mêmes sujet à des simplifications excessives et à des marges d'erreurs statistiques. Par exemple, les taux de défaillance de composants, calculés à partir des expériences enregistrées, peuvent être soumis à des marges d'erreur d'un certain ordre de grandeur ou même plus considérables. Pour cette raison, le risque d'un accident important ne peut être estimé de façon précise et les résultats numériques doivent être considérés avec prudence et à titre indicatif. Cependant, les données et les modèles s'améliorent constamment avec l'expérience et les prévisions deviennent plus précises. Il faut bien voir que ces estimations, même approximatives, sont bien meilleures que l'absence d'informations et que la discipline qui consiste à effectuer l'analyse de risque permettra, selon toute vraisemblance, de mettre en évidence des améliorations possibles.

Les incertitudes, cependant, ne peuvent pas être ignorées. Si les calculs et les décisions sont basés sur les hypothèses les plus pessimistes, les conclusions ont du moins le mérite d'augmenter la marge de sécurité. Toutefois, dans une série de calculs, dont chaque élément possède sa propre source indépendante d'incertitude, l'utilisation à toutes les phases du calcul des hypothèses les plus pessimistes va aboutir à un résultat final extrêmement pessimiste. Si chacune des hypothèses pessimistes est plausible en soi, leur conjonction simultanée et multiple pourrait être considérée comme irréaliste.

Dans les cas où il y a peu de paramètres sensibles et où le nombre de phases de calcul est faible, le recours aux hypothèses les plus pessimistes peut être acceptable. Mais quand les incertitudes sont multiples, la meilleure approche consiste à retenir les paramètres les plus probables, puis d'évaluer les effets des incertitudes sur les conclusions globales. Ceci fournira une fourchette de risques qui pourront être classés en termes de probabilité. Les incertitudes estimées peuvent alors être très utiles pour juger de l'importance des risques.

Les représentations graphiques des zones de risque, comme les cartes à courbes de niveaux des taux de risques, sont très utiles pour l'analyste, dans la mesure où elles lui fournissent une représentation concise et facilement assimilable du risque global et des effets sur les centres de population.

## 6. CRITERES

Les critères de risque sont des valeurs de référence par rapport auxquelles le risque est jugé sur le plan de son acceptabilité sociale. Le point de départ, probablement le plus simple à cet égard, est qu'il serait souhaitable que la construction et l'exploitation d'une usine chimique n'introduisent pas de risques supplémentaires pour le public par rapport à ce qui existait auparavant. Cependant, ceci équivaldrait à poursuivre un objectif de "risque zéro". Le risque existant ne peut certes servir à justifier un risque supplémentaire, mais il fournit simplement une base de comparaison.

A ce titre, on peut se référer aux phénomènes naturels sur lesquels l'homme ne peut exercer aucun contrôle. Ceux-ci comprennent la foudre, les tempêtes, les raz de marée, les tremblements de terre et les éruptions volcaniques. Statistiquement, la probabilité pour l'individu moyen d'être tué dans une telle catastrophe est d'environ une fois tous les un million d'années (1 en 1.000.000) ou davantage, encore que cette donnée varie bien évidemment en fonction du lieu et de l'environnement. Un tel risque est l'un des plus faibles auquel l'homme est soumis et le caractère inévitable de sa cause fait qu'on le qualifie souvent de cas de force majeure, vu que la plupart des efforts humains n'ont prise sur lui pour l'éviter ou en réduire les effets. Ce risque est accepté avec fatalisme par beaucoup de communautés humaines, bien que certaines d'entre elles aient parfois décidé de migrer vers des endroits moins exposés.

Lorsque le niveau de risque est dix fois plus élevé, c'est-à-dire lorsque la probabilité d'être tué est d'une fois tous les cent mille ans (1 en 100.000), en cas, par exemple, d'incendies, de noyades, d'empoisonnements ou d'accidents provoqués par des armes à feu, la seule action généralement entreprise par la communauté concernée est d'adresser des recommandations de prudence et d'investir des sommes très faibles, quasi négligeables dans des mesures de sécurité.

Quand le risque individuel tend vers une mortalité probable d'une fois tous les dix mille ans (1 en 10.000) pour une cause donnée, il se peut, dans les pays industrialisés, que les autorités responsables affectent des fonds à la prévention. En général, lorsqu'un projet d'activité comporte le risque qu'un membre de la communauté soit tué tous les mille ans (1 en 1.000), le projet suscitera presque à coup sûr des protestations et des demandes d'améliorations immédiates, quel qu'en soit le coût, ou peut même aboutir à une proposition d'interdiction pure et simple de l'activité en question.

Mais il n'y a pas de logique apparente dans les réactions de la population. Des groupes sociaux très importants, comme les motocyclistes, accepteront délibérément une forte probabilité de décéder en cinquante ans (1 en 50) ou comme les fumeurs modérés

d'environ un décès tous les deux cents ans (1 en 200). Il existe beaucoup d'autres activités dangereuses acceptées sans problème, en grande partie semble-t-il, parce qu'elles sont choisies librement par les personnes concernées ou parce que celles-ci ont pris un "risque calculé" ou en tirent avantage. On peut douter cependant que les individus ou les groupes impliqués par ces choix procèdent à une réflexion analytique sur les conséquences ou les probabilités liées à leur choix. Il semblerait donc nécessaire de mieux comprendre le rapport risque-avantage prévalant dans l'industrie chimique.

En ce qui concerne certaines activités industrielles, des critères plus précis sont disponibles. Pour sa part, l'industrie chimique a déjà procédé à des améliorations notables et, actuellement, en matière de sécurité elle n'a que relativement peu d'accidents mortels à déplorer, ce qui n'implique pas que d'autres progrès ne puissent pas être envisagés dans ce domaine. Les paramètres utilisés pour enregistrer la mortalité industrielle sont différents de ceux utilisés pour les risques dans le champ plus vaste de la vie sociale et, par conséquent, ceux-ci ne sauraient faire l'objet d'une comparaison directe, non nuancée. L'un des indicateurs possibles pour estimer le risque (KLETZ 1971) est le "taux d'accidents mortels" (Fatal Accident Rate - FAR) défini comme le nombre de décès prévisible pour 100 millions d'heures d'exposition au risque, ce qui correspond au temps de travail cumulé d'un groupe de mille travailleurs au cours de toute de leur vie active. En gros, un travailleur passe deux mille heures par an sur son lieu de travail, un taux FAR de 1 correspond ainsi à une probabilité d'accident mortel d'une fois toutes les cinquante mille années (1 en 50.000). Dans les industries chimiques britannique et hollandaise, on trouve un taux FAR de l'ordre de 4, correspondant donc à un décès tous les douze mille cinq cents ans en moyenne (1 en 12.500). Ce taux de 4 peut être comparé de façon avantageuse avec la métallurgie et les constructions navales où il est de 8, l'agriculture où il est de 46, les mines de charbon où il se situe entre 10 and 12, le bâtiment où il est de 67. Les données industrielles tendent cependant à être par trop optimistes. En effet, elles se rapportent habituellement à l'ensemble des travailleurs de l'entreprise dont un certain nombre remplissent des tâches administratives et autres en dehors et à l'abri des zones de production dangereuses. Cependant, la valeur du chiffre pour les employés de l'industrie chimique avec un risque individuel d'un décès toutes les douze mille cinq cents années n'a pas suscité de protestations importantes. Toutefois, il faut bien voir que ces risques s'ajoutent aux autres risques de la vie courante.

Les normes applicables au public, c'est-à-dire les risques acceptables pour les individus à l'extérieur de l'usine sont plus astreignantes et il est devenu courant d'utiliser le critère selon lequel l'usine en projet ne devrait pas introduire de risques manifestement plus élevés pour l'ensemble de la population que ceux qui existaient déjà, alors même que le risque pour les travailleurs pourrait être considérablement plus élevé. Ceci ramène le niveau de

risque pour le public dans la catégorie des risques dits de force majeure, c'est-à-dire qu'il correspond à une probabilité de décès d'une fois chaque million d'années pour un individu vivant dans la localité, mais ne travaillant pas à l'usine.

Comme on l'a mentionné dans l'introduction, une concentration de décès simultanés lors de catastrophes est beaucoup moins acceptable pour le public que la même incidence statistique répartie sur une longue période. Ceci s'explique si l'on songe à la nature dramatique de l'évènement, à son impact émotionnel très élevé et à la possible dislocation d'une communauté comme ce fut le cas à ABERFAN (Pays de Galles, 1966), lorsque 144 personnes furent tuées dont une très forte proportion d'enfants. On peut affirmer que la probabilité est une fonction inverse du nombre de décès, cette fonction étant dépendante du type d'entreprise considérée. Des conclusions positives sont toutefois difficiles à tirer et la seule orientation qui puisse être donnée consiste à dire que, quand il y a une possibilité de mortalité importante, même si la probabilité en est faible, on doit considérer avec beaucoup d'attention le site de l'usine par rapport aux centres de population, la dispersion de la population (qui peut augmenter les risques de transport) et la limitation des quantités de matières dangereuses impliquées.

Jusqu'à présent la discussion des critères s'est bornée à deux catégories d'individus : d'une part, le public en général dans la zone extérieure à l'usine et, d'autre part, les travailleurs occupés à l'intérieur des limites de cette dernière. Il est habituellement postulé que ceux qui se trouvent à l'extérieur doivent bénéficier d'une sécurité plus grande que celle des travailleurs, et ce en partant de l'idée que les travailleurs ont la liberté de choix quant à leur emploi et qu'ils touchent des compensations financières pour les risques qu'ils prennent. Ces deux postulats pèchent par simplification.

Tout d'abord, la mobilité du travail et le choix d'un emploi sont loin d'être aussi fluides que l'impliquerait le premier postulat. Les contraintes qui pèsent sur les travailleurs en quête d'un emploi rémunérateur sont souvent extrêmement rigides, particulièrement en période de chômage et de crise du logement. On doit y ajouter l'isolement qui touche ceux qui cherchent un emploi loin de chez eux et de leur famille. En second lieu, les compensations financières, qui sont liées dans l'industrie à l'acceptation de risques plus grands pour l'intégrité corporelle, sont souvent disproportionnées entre les différents secteurs de l'industrie chimique elle-même et, bien entendu, elles varient largement dans l'ensemble de l'industrie. De plus, le deuxième postulat suppose immédiatement, même s'il était valable, qu'une probabilité donnée de décès soudains puisse être assimilée à une valeur unique exprimée en termes monétaires.

D'autre part, le pouvoir de négociation accru des travailleurs et la conscience plus aiguë qu'ils ont des problèmes d'environnement et de santé vont sans doute inciter les industriels de la chimie à améliorer les normes de sécurité et à augmenter les compensations financières liées à l'acceptation du risque. Ainsi, il apparaît que ce qui précède, combiné avec la connaissance du public des statistiques des risques dans l'industrie, va provoquer une pression grandissante en vue d'améliorer les normes à l'avenir. Dès lors, des décisions politiques pourraient être nécessaires pour prendre les mesures adéquates dès maintenant. Ceci permettrait d'éviter des dépenses excessives dans le futur en vue de l'adaptation des installations à de nouvelles normes de sécurité améliorées, qui avec le temps, pourraient devenir obligatoires.

L'examen des critères a été, dans la mesure où il s'agissait de données numériques, limité aux issues fatales. Il y a lieu de tenir compte du fait que ces données comportent des marges d'erreur qui sont groupées par catégories selon la répartition des probabilités. Et, bien sûr, ces données ne se rapportent qu'aux issues fatales, car elles peuvent être appréhendées plus facilement.

Des tentatives ont été faites pour étendre cette approche numérique à d'autres risques que ceux des issues fatales. Au sujet de ces dernières, les lésions leur sont apparentées, car un grand nombre de blessures d'une certaine gravité comptent comme décès. Ceci peut donner l'impression d'étendre les statistiques relatives aux accidents mortels à un champ plus étendu par l'utilisation d'un commun dénominateur. Ces délimitations sont cependant évidentes. En effet, on pourrait parfaitement faire valoir qu'en raison d'une blessure grave, voire d'une maladie prolongée, due à un accident, la victime devra être prise en charge indéfiniment et ne saurait compter parmi les membres productifs de la société.

En conclusion, le décideur peut se référer à des critères numériques de risques s'appliquant séparément au public et aux travailleurs de l'usine chimique. Ces critères comportent une marge d'erreur appréciable. La possibilité d'accidents isolés provoquant plusieurs issues fatales nécessite un jugement de valeur approprié. Les probabilités de blessures, maladies ou troubles physiologiques dus à un accident ne peuvent pas être estimées aisément, et ce d'autant que les mesures prises dans de nombreux cas pour réduire la probabilité d'issues fatales réduiront le nombre d'incidents. Les réductions de risque devraient toujours être prises en considération si elles peuvent être obtenues avec une mise en oeuvre raisonnable de ressources.

Toutes deux, direction et autorité publique, peuvent être guidées par des estimations quantitatives du risque et par l'expression numérique de ce qui pourrait être un critère d'acceptabilité du risque. Néanmoins, elles devraient baser leur acceptation pour une activité envisagée sur leur propre appréciation fondée sur l'expérience et ce, après avoir soupesé avec soin les aspects techniques, économiques et politiques.

## 7. NORMES D'INGENIERIE ET CODES DE PRATIQUE

Une partie importante des principes directeurs publiés qui peuvent aider à la prévention des accidents est constituée de normes et de codes de pratique. Les normes locales, nationales et internationales sont établies par des organismes officiels après un examen approfondi des importantes facteurs de fiabilité, de conception, de fabrication, et de tests des usines et des équipements pour en assurer l'intégrité avec une marge de sécurité adéquate dans les conditions de fonctionnement prévues. Quelques-unes de ces dispositions ont force de loi, mais ce n'est pas le cas habituellement.

Les codes de pratique et les spécifications de normes couvrent également les principes relatifs aux essais, à l'exploitation, à l'homologation, à l'identification et au marquage normalisé des équipements - et, très souvent, des matériels de construction de ces derniers, des échantillons étant mis de côté pour garantir la preuve de leur qualité, - ainsi que les traitements spéciaux pour étudier le comportement sous contrainte, définir les limites d'exploitation et la fréquence des vérifications et établir les tableaux relatifs à l'entretien. De nombreuses institutions internationales élaborent de tels documents. Mais il y a un besoin certain d'uniformisation et de simplification des multiples codes existants. Outre les organismes nationaux et internationaux, les sources de documentation comprennent les institutions de recherche technique, les associations professionnelles et les fabricants. Une contribution importante est apportée par les organismes d'assurances qui ont un intérêt commercial à la réduction du nombre d'accidents.

De tels codes ont une grande utilité pour tout le monde dans la mesure où ils sont suffisamment complets pour résumer l'expérience et le savoir-faire des praticiens les plus avertis en matière de conception et d'exploitation des équipements des usines chimiques. Cependant, l'utilisation de telles spécifications normalisées demande une analyse soigneuse de leurs limites, dès lors que les procédures de calcul de quelques-uns des codes internationaux peuvent diverger, par exemple au niveau des facteurs de sécurité ou de contrainte structurelle utilisés.

Tout écart par rapport aux normes ou aux codes demande à être justifié de façon rigoureuse. L'un des inconvénients de ces normes ou de ces codes est qu'ils ne peuvent jamais être entièrement à jour et que le recours à de nouveaux matériaux, à de nouvelles méthodes de planification et de fabrication, de tests ou d'exploitation demande des études particulières pour juger de la pertinence des normes officiellement publiées en ce qui concerne les conditions d'exploitation envisagées pour les usines ou procédés de pointe, qui n'ont parfois pas encore été éprouvés.



## 8. ASPECTS LIES A LA GESTION

La gestion porte sur la mise en oeuvre efficace des stratégies et la planification de procédures et de moyens permettant de maintenir le contrôle. Lors de la conception du projet, il est essentiel que les principes de sécurité soient décrits dans un document formel, préparé par les concepteurs-projeteurs, et que celui-ci soit approuvé dans le détail par ceux qui sont chargés de l'estimation de la sécurité. L'interaction entre eux, illustrée par la Figure 1 aboutira à l'établissement du document décrivant la sécurité de l'exploitation, phase par phase.

Les procédures d'estimation de la sécurité qui sont décrites dans les chapitres 3 à 6 de ces principes directeurs sont ensuite élaborées par les responsables de la sécurité en collaboration avec l'équipe de conception du projet, mais dans une totale indépendance par rapport aux considérations commerciales et émotionnelles, de façon à ce que les risques soient ou bien quantifiés ou alors, quand ce n'est pas possible, spécifiés avec le plus de détails possibles. Cette méthode permet de prendre les décisions quant à l'acceptabilité ou non des propositions et ce à la lumière des principes de sécurité approuvés. Le projet comprendra bien entendu les instructions d'exploitation, qui doivent constituer une partie intégrante de l'ensemble de celui-ci. Un concepteur-projeteur fournira normalement un manuel d'exploitation de l'usine couvrant les procédures de mise en marche sûre, les opérations normales, l'arrêt ainsi que les situations d'urgence prévisibles. Ces instructions peuvent suffire pour transmettre les informations nécessaires au propriétaire de l'usine, mais elles ne sauraient contenir des instructions suffisamment détaillées pour la gestion et l'exploitation quotidienne de l'usine. Aussi la direction doit-elle produire en temps voulu ses propres manuels d'exploitation pour l'instruction et l'entraînement des opérateurs avant la mise en marche initiale de l'usine.

Il est essentiel que, pour toutes les phases du travail d'estimation de la sécurité, un recueil formel et précis des hypothèses, des méthodes, des procédures et des calculs soit établi et contrôlé indépendamment, et qu'il soit mis à jour rapidement à mesure que des modifications sont apportées. La tenue de dossiers impeccables est une tâche fastidieuse et prenant beaucoup de temps, mais elle est essentielle pour assurer que la qualité de l'estimation de sécurité et les décisions qui en découlent soient irréprochables.

Un élément très important dans la mise en oeuvre d'une bonne politique de sécurité est constitué par la participation active et responsable des travailleurs à tous les niveaux ainsi que par l'indépendance et l'impartialité des membres de la direction responsables de la sécurité. Une fois que les normes de sécurité ont été définies et ont été approuvées par la direction, toute pression d'ordre commercial, tendant à l'adoption de mesures hâtives, qui, au

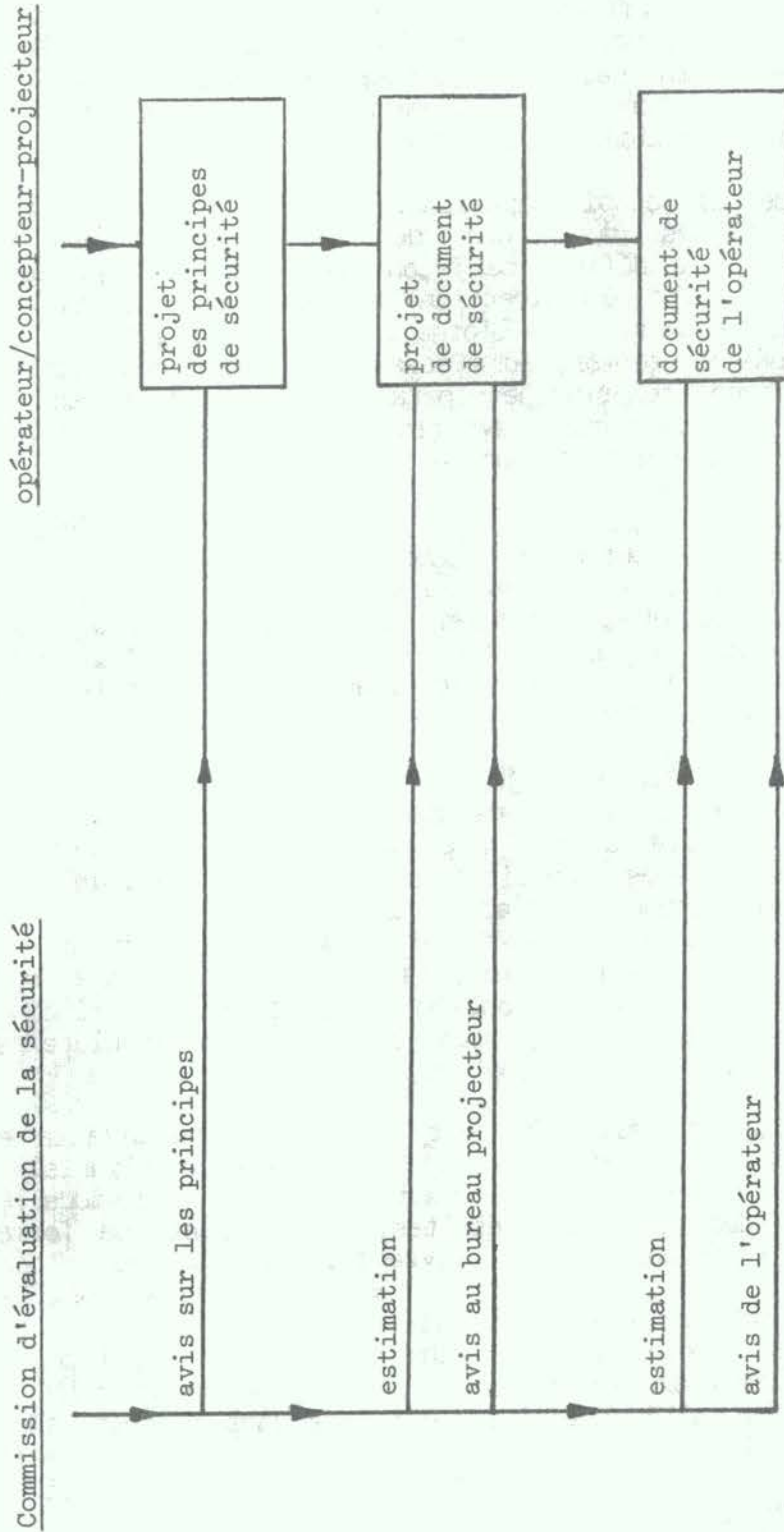


FIGURE 1 : RELATIONS FONCTIONNELLES DANS L'ELABORATION DES DOCUMENTS RELATIFS AU PROJET ET A L'EXPLOITATION

prix d'une augmentation du danger, peuvent améliorer à court terme la rentabilité, la qualité du produit ou sa position sur le marché doit être rejetée. De telles actions seraient non seulement inacceptables sur le plan social, mais elles pourraient, de plus, avoir à long terme des effets négatifs sur la viabilité même de l'usine. L'expérience industrielle a démontré que les accidents, même lorsqu'ils ne causent pas de préjudices corporels ou matériels, peuvent perturber le bon fonctionnement d'une usine qui est essentiel pour une production efficiente et économique.

Le principe doit aussi s'appliquer dans les références et la description des tâches du cadre de la sécurité dont la responsabilité doit être définie de façon claire et non équivoque. Celui-ci est le délégué de la direction dans la mise en oeuvre des principes de sécurité dans toute l'organisation. Tous les employés devront être éduqués et formés, pour essayer de faire accepter par l'ensemble du personnel le principe capital selon lequel la sécurité est l'affaire de tous ceux qui travaillent dans l'organisation, de la haute direction jusqu'au plus jeune des travailleurs.

On devrait envisager de mettre en place une politique de paiement de primes d'encouragement pour les travailleurs en vue d'une exploitation libre d'accidents de l'usine. Il serait aussi nécessaire d'encourager et de stimuler les efforts individuels et les bonnes performances en matière de sécurité de façon à ce qu'un certain "esprit de corps" plein d'allant soit suscité dans l'organisation, fondé sur l'objectif commun d'éviter les accidents.

Pour parvenir à un tel objectif, il faut commencer par une sélection très soignée sous tous ses aspects des travailleurs participant à l'exploitation de l'usine. Cette sélection doit comporter le contrôle des capacités physiques et mentales des candidats, de leur capacité d'adaptation après une formation adéquate, de leur fiabilité, en particulier dans des conditions de tension inopinées. Après la formation, la qualité du personnel doit être maintenue par un rappel constant de l'importance des principes de sécurité, au moyen de fréquentes sessions de recyclage et d'exercices pratiques.

La nécessité de faire observer une discipline stricte et rigide en matière de sécurité est évidente, mais on n'insistera jamais assez sur le développement de l'auto-discipline individuelle. Il faut pour cela des procédures écrites, en bonne et due forme, visées par le personnel qualifié et couvrant les opérations de mise en marche et d'arrêt de l'usine et l'accès aux installations. Des autorisations spéciales seront requises pour l'entretien, la réparation et les processus de modification. L'inspection et l'approbation des travaux entrepris et l'autorisation formelle de remise en marche des unités seront obligatoires dans des conditions soigneusement contrôlées. Il est nécessaire que tous les cas de modification de l'usine soient soumis à des spécialistes d'ingénierie et de sécurité pour effectuer un examen complet et

approuver les modifications, et ce du double point de vue du projet et des installations (explosion de Flixborough, Angleterre, 1974 - PARKER, 1975). Pour les cas d'urgence, il est manifestement nécessaire que des procédures simplifiées soient prévues. Un contrôle particulièrement strict est également indispensable en ce qui concerne les mouvements et les activités du personnel provenant d'entreprises extérieures ainsi que des visiteurs, qui souvent sont moins facilement contrôlables que ceux du personnel de l'entreprise, qui lui est habituellement plus discipliné et surveillé par la direction.

De nombreuses opérations de fabrication de produits chimiques sont confiées par contrat à des sociétés d'ingénierie importantes, tels les projets clés en mains. Dans l'ensemble du savoir-faire, une attention toute particulière doit être portée aux aspects de sécurité de l'exploitation et un dossier complet doit être préparé sur les dangers potentiels de l'activité envisagée. Ceci soulève parfois des objections fondées sur des questions de secret ou de nature confidentielle. Elles doivent être écartées.

Dans l'exploitation quotidienne d'une usine chimique, il peut survenir des incidents présentant un potentiel de danger considérable mais qui, en fait, n'ont pas de conséquences graves en termes de dommages corporels ou matériels. Ces "presque-incidents", qui peuvent être dus à une déviation par rapport aux conditions normales d'exploitation, doivent être signalés à la direction de façon à ce que des mesures puissent être prises pour améliorer la sécurité. Cependant, tout écart par rapport aux conditions normales d'exploitation devrait, pour être classé comme un "presque-incident", être réellement sérieux et se situer bien au-dessus des niveaux de déclenchements des dispositifs d'alarme. Si l'on ne suit pas cette règle, il est probable que de nombreux écarts insignifiants feront l'objet de rapports. Un autre exemple de "presque-incident" est une fuite importante de liquide volatile qui n'entraîne pas de dommages sérieux ou de pertes de vies humaines. Un examen rétrospectif méticuleux des circonstances de tels événements est essentiel.

L'intérêt porté au danger spécifique associé à une usine chimique ne doit pas, par ailleurs, faire négliger l'examen approfondi de tous les dangers normaux que l'on rencontre dans les activités courantes, tels que les chutes et trébuchements, les contraintes auxquelles sont soumises les machines de levage, les machines rotatives ou autres engins dangereux, les éléments aigus, l'éclairage insuffisant, les monte-charge et les grues dangereuses ainsi que les conséquences de leurs pannes.

## 9. PLANS D'URGENCE

La définition préalable d'un plan d'urgence, en collaboration avec les autorités locales et nationales dont l'intervention serait requise en cas d'accident grave, est une nécessité évidente. Ces services comprennent les hôpitaux, les postes de premiers secours, les services d'incendie, les unités de spécialistes en décontamination et autres, les centres d'accueil d'urgence, la police et même les forces armées et de défense civile. Il est essentiel que l'information concernant les propriétés chimiques et toxicologiques des produits chimiques, qu'il s'agisse de matières de base, de produits intermédiaires ou de produits finis, et que les méthodes de neutralisation et de détoxication soient communiquées systématiquement à tous les services d'urgence. En matière de préparation de plans d'urgence, il est de la plus grande utilité d'effectuer une étude complète des accidents antérieurs, afin d'apprécier les problèmes qui ont surgi dans des situations du même genre. Mais les accidents importants ne se reproduisent que très rarement de façon strictement identique, du fait que les mesures de prévention appropriées sont généralement prises à leur suite. Aussi l'interprétation que l'on peut faire des données historiques doit-elle être imaginative pour définir ce qui aurait pu se passer et pas seulement ce qui s'est effectivement passé.

Les plans d'urgence ne doivent pas seulement être établis avec précision et être bien coordonnés dans leurs différentes sphères d'application, mais ils doivent faire fréquemment l'objet de répétitions générales et d'exercices pour garantir leur mise en oeuvre efficace et sans problème. Une hiérarchie de commandement parfaitement connue avec des suppléants pour les postes clés est essentielle et on doit prévoir des moyens de communication sûrs. Une telle organisation doit bien sûr fonctionner de jour comme de nuit, pendant les périodes de vacances ou d'arrêt de l'usine, aussi bien qu'au cours de son exploitation normale.

Les services d'urgence et les dispositifs de raccordement rapide avec les moyens de lutte contre l'incendie, les points d'eau et les sources d'énergie doivent être compatibles avec les caractéristiques des équipements de substitution prévus dans les cas d'urgence.

Les équipements de sauvetage, les appareils de respiration artificielle et les vêtements de protection doivent être disponibles en quantité suffisante et accessibles en différents endroits. Il serait souhaitable également de former du personnel médical et paramédical pour traiter les cas d'exposition aux produits chimiques susceptibles d'être rencontrés. Ceci impliquerait que les procédures de traitements médicaux soient comprises dans le cadre du programme d'urgence global.

Il est essentiel en situation de crise de maîtriser le contrôle du transport et des mesures doivent être prises pour

supprimer tous les obstacles qui pourraient entraver les déplacements des services de secours et autres services auxiliaires. Ceux-ci peuvent être facilement arrêtés et leur efficacité réduite à néant par des mouvements non-essentiels et la présence de curieux.

L'efficacité de ces programmes doit être vérifiée régulièrement et les procédures modifiées en conséquence. La nécessité de réactualiser et de modifier ces programmes d'engagement à la suite de l'expérience acquise lors d'exercices d'alerte simulée est souvent négligée.

## 10. CONCLUSIONS ET RESUME

Quelques principes généraux en matière de gestion du risque et de prévention des accidents ont été définis schématiquement ci-dessus. Les directions doivent faire appel à des experts qualifiés et à leur imagination interrogative pour vérifier si les dangers ont été répertoriés aussi complètement que possible et, lorsque c'est faisable, quantifiés à la fois en termes de conséquences ou d'effets et de probabilités, en utilisant comme critère l'incidence potentielle des décès. Il n'existe pas de règle absolue et parfaite. L'application des techniques qui ont été décrites améliorera l'efficacité des ressources consacrées à la réduction des accidents. La quantification du risque peut servir de support aux jugements de valeur que la direction doit faire sous l'influence du climat social du moment. Quelques aspects importants de la gestion sont esquissés et les principes essentiels de la planification pour le cas d'urgence ont été passés en revue.

Dans ces principes directeurs, l'accent a été mis sur l'identification des situations dangereuses. C'était intentionnel. En effet, à condition que de telles situations puissent être reconnues, des mesures adéquates doivent être prises en matière de conception des projets ou des procédures, afin de réduire leur potentiel de danger. C'est la fonction de base de la gestion du risque et elle devrait toujours être mise en oeuvre, même si les circonstances, en raison du manque de données ou de techniques, ne permettent peut-être pas de quantifier sûrement un risque.

On trouvera dans la Figure 2 une représentation des différents éléments et chaînes d'évènements impliqués dans l'évaluation du danger.

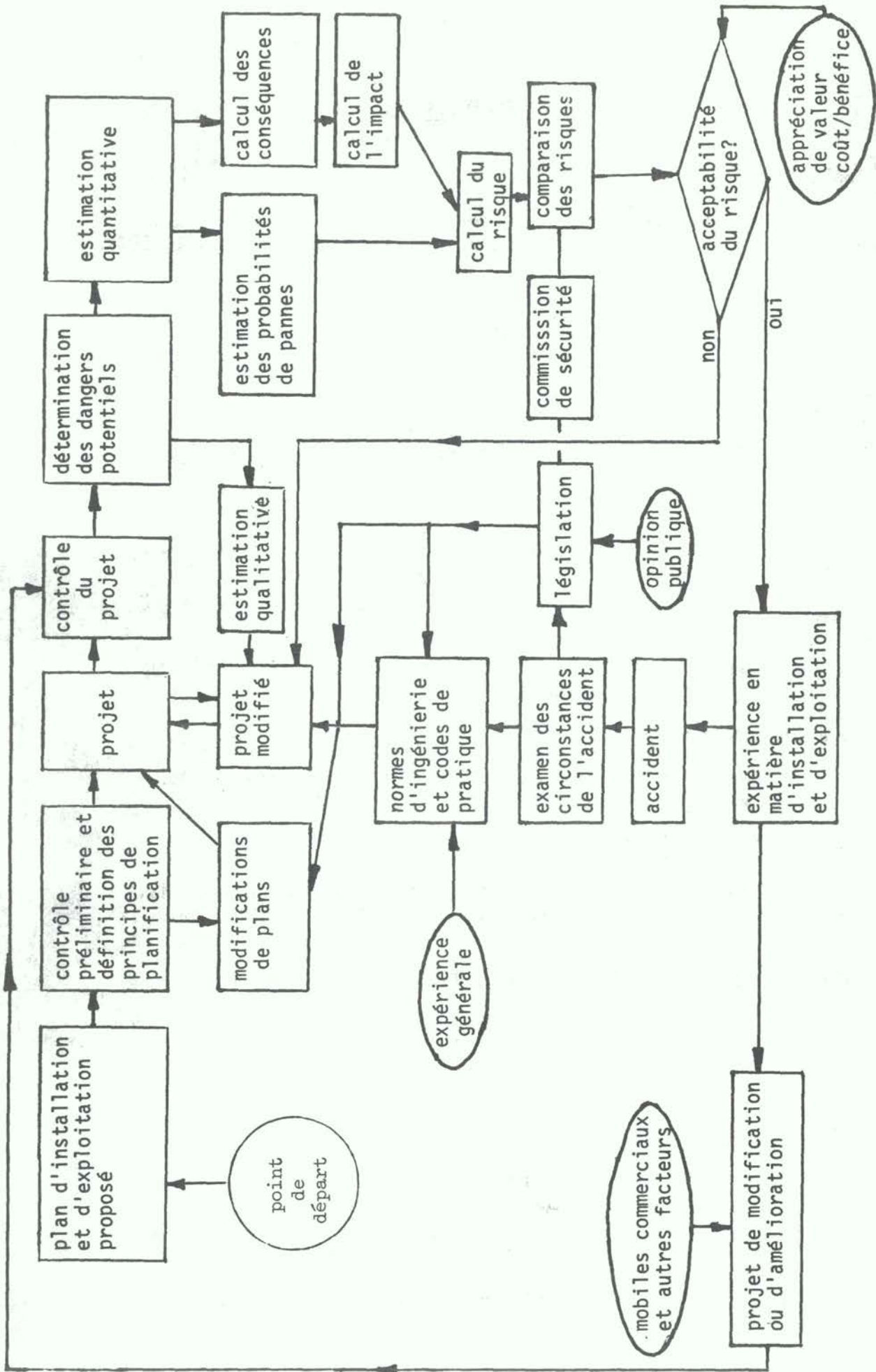


FIGURE 2 : PRESENTATION DE LA PROCEDURE D'ESTIMATION DU DANGER



REFERENCES

BALEMANS, A.W.M.

Checklist - Guidelines for Safe Design of Process Plants.  
Loss Prevention and Safety Promotion Symposium. Delft, 1974.

BCISC

(British Chemical Industry Safety Council). Safety Audits.  
London, 1973.

BREITHERICK, L.

Handbook of Reactive Chemical Hazards. London,  
Butterworths, 1975

CISHC

(UK Chemical Industry Safety and Health Council). Hazard  
and Operability Studies. London, 1977.

CREMER AND WARNER

Guidelines for Layout and Safety Zones in Petrochemical  
Developments. London, 1978.

DOW CHEMICAL COMPANY

Fire and Explosion Index. Hazard Classification Guide.  
Michigan, Midland, 1976. 4th ed.

GIBSON, F.B.

The design of new chemical plants using hazard analysis.  
Process industry hazards. Inst. Chem. Eng. Symposium,  
No. 47. 1975.

HSC (HEALTH AND SAFETY COMMISSION, UK)

Advisory Committee on Major Hazards - First Report. London,  
HMSO, 1976.  
Advisory Committee on Major Hazards - Second Report.  
London, HMSO, 1979.

LEES, F.P.

Loss Prevention in the Process Industries. Vols. 1 and 2.  
London, Butterworths, 1980.

NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOC.)

Code No. 49, Hazardous Chemicals Data. (1975)

KLETZ, T.A.

Hazard Analysis - A Quantitative Approach to Safety. Inst.  
Chem. Eng. Symposium N° 34, 1971.

PARKER, R.J.

The Flixborough Disaster. Report of the Court of Inquiry.  
London, HMSO, 1975

SAX, N.I.

Dangerous Properties of Industrial Materials. London Van  
Nostrand, 1975.

## Titles in the UNEP - Industry & Environment Guidelines Series

---

Guidelines for Assessing Industrial Environmental Impact and Environmental Criteria for the Siting of Industry (English and French)

Environmental Guidelines for the Motor Vehicle and its Use (English and French)

Guidelines on Risk Management and Accident Prevention in the Chemical Industry (English and French)

IMO/UNEP Guidelines on Oil Spill Dispersant Application and Environmental Considerations (English, French and Spanish)

Guidelines on Management of Agricultural and Agro-Industrial Residues Utilization (English only)

Guidelines for Post Harvest Food Loss Reduction Activities (English only)

Environmental Guidelines for the Direct Reduction Route to Steel Making (English only)

Guidelines for the Environmental Management of Alumina Production (English only)

Guidelines on Environmental Management of Aluminium Smelters (English only)

Environmental Guidelines for the Diesel Vehicle (English and French)

Environmental Aspects of Transportation in Cities Basic Guidelines for an Environmentally Sound Transportation System in Urban Areas (English and French)