



**HAL**  
open science

## Accidents avec des produits industriels : les leçons tirées

Jean-Philippe Pineau

► **To cite this version:**

Jean-Philippe Pineau. Accidents avec des produits industriels : les leçons tirées. Ecole d'été "Gestion Scientifique du Risque : Sciences du Danger Concepts Enseignements et Applications", Sep 1999, Albi, France. ineris-00972177

**HAL Id: ineris-00972177**

**<https://ineris.hal.science/ineris-00972177>**

Submitted on 3 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **ACCIDENTS AVEC DES PRODUITS INDUSTRIELS : LES LEÇONS TIREES**

PINEAU (J.P.)

**INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)  
Parc Technologique Alata - B. P. 2 - 60550 - Verneuil-en-Halatte.**

### **1. Introduction**

Dès le début de l'ère industrielle, la fabrication de produits chimiques explosifs et l'exploitation de ressources naturelles (charbon) se sont traduits par des accidents technologiques. Il n'est pas étonnant que, dans ces deux secteurs, des réglementations se soient développées assez tôt pour améliorer la sécurité dans la fabrication et l'utilisation et ceci sur la base du retour d'expérience de l'analyse de ces accidents et la pression de l'opinion publique. Rappelons que l'accident de Courrière (mine de charbon), en 1906, avait fait plus de 1 000 morts.

Dès le début du 19<sup>ème</sup> siècle, en France, une législation a aussi concerné les établissements dangereux insalubres et incommodes (ICPE à l'heure actuelle) pour, là encore, améliorer la sécurité.

Cela n'a, bien sûr, pas suffi pour empêcher des accidents technologiques aux conséquences plus ou moins catastrophiques. Parmi des exemples récents, uniquement sur le plan français, on peut citer :

- l'incendie dans un stockage d'engrais tertiaires, NPK à Nantes en 1987, qui a conduit à l'évacuation de 30 000 personnes
- l'incendie et l'explosion dans une usine chimique près de Tours qui a conduit à priver Tours d'eau pendant quelques jours
- l'incendie d'un entrepôt de produits chimiques à Bâle en 1986 qui a entraîné une pollution du Rhin
- l'incendie dans le Tunnel sous la Manche, fin 1996, avec des dégâts sur 700 m de tunnel (S. K. Liew et al., 1998)
- l'incendie dans le tunnel du Mont Blanc en mars 1999
- l'explosion à la raffinerie de la Mède, en 1992, qui a entraîné la mort de 6 personnes et des dommages étendus ((P. Michaelis et al., 1995)
- l'explosion dans un dépôts de liquides pétroliers à St Herblain ( J. F. Lechaudel et al., 1995)
- l'explosion confinée de gaz dans une installation chimique reliée à une torchère (J. F. Lechaudel et al.,1998)
- l'explosion dans le silo de stockage de céréales de Blaye en 1997 qui a entraîné 11 morts et 1 blessé et des dégâts étendus (F. Masson,1998)
- la fuite d'ammoniac de trente tonnes survenue à Mazingarbe lors d'un déchargement de wagon (J. F. Lechaudel et al.,1998) .

Ce sont autant d'exemples qui mettent en évidence l'importance d'analyser les causes techniques et organisationnelles de tels accidents, leurs effets dans le milieu professionnel concerné ou pour le public et le caractère adapté de la réglementation.

Nous commencerons par mentionner les besoins des divers utilisateurs du retour d'expérience en nous appuyant sur une enquête menée par l'ESReDA (European Safety Reliability and Data Association).

Nous expliciterons ensuite les étapes de l'analyse d'un accident, telles qu'elles ont été retenues par les experts de l'INERIS, en l'illustrant sur l'exemple de l'accident de Blaye où l'INERIS, dans le cadre de l'enquête administrative inhérente à un tel accident, a été chargé par le MATE de produire une expertise en appui de la DRIRE.

Nous porterons un avis sur le développement de bases de données sur les accidents et les exigences à remplir pour utiliser des données de haute qualité.

Enfin, nous donnerons quelques éléments sur divers points tirés des leçons du retour d'expérience qui imposent de poursuivre des études dans le domaine de la sécurité vis-à-vis des risques technologiques.

## **2. Quels besoins des utilisateurs des données sur les accidents ?**

De nombreuses organisations (autorités compétentes, consultants, planificateurs des interventions d'urgence et organismes chargés de les appliquer, public, sociétés industrielles et d'ingénieries, groupes de banque et d'assurance, fabricants de matériel, organismes de recherche et universités) peuvent avoir des intérêts divers dans la constitution et l'utilisation des données d'accidents.

L'intérêt le plus général et le plus partagé est celui lié à l'amélioration du niveau de sécurité d'un appareil, d'une installation, d'un procédé, d'un système et la limitation des pertes en cas d'accident.

Dans certains pays, les autorités compétentes peuvent utiliser des bases de données spécialisées concernant le lieu de travail, les systèmes de transport, un secteur industriel précis (les explosifs par exemple), les accidents impliquant des substances chimiques et entraînant des conséquences pour l'homme et l'environnement. Pour ce dernier domaine, cinq bases de données peuvent être citées : MARS au niveau de l'Union Européenne (Rasmussen, 1994), ARIA en France (Chaugny, 1994), FACTS aux Pays-Bas, MHIDAS au Royaume-Uni (Painter, 1994) et ZEMA en Allemagne (Brenig, 1994). Le principal objectif de l'analyse des accidents ainsi collectés est de définir des politiques plus adaptées concernant les études de sécurité, la planification et l'intervention en situation d'urgence, l'amélioration de la fiabilité des équipements et des dispositifs de prévention et de protection.

Les constructeurs, consultants et sociétés d'ingénierie qui ont la charge de concevoir et rendre opérationnels des équipements doivent être en mesure d'identifier les situations dangereuses possibles lors de l'emploi ou de la fabrication de substances de façon à définir les conditions sûres de fonctionnement. La définition des taux de défaillance est alors un point important.

Les exploitants doivent vérifier si l'analyse de l'accident ne met pas en évidence des défauts de conception des installations et des défaillances dans l'exploitation (management, maintenance, facteur humain).

Les sociétés de banques et d'assurances sont intéressées à la connaissance des scénarios aux effets les plus dévastateurs en liaison avec l'acceptabilité du risque et la définition de prêts et de primes d'assurance adaptés.

Le public et les enseignants ont besoin du développement d'une culture de sécurité qui passe par la prise en compte d'informations pertinentes sur les accidents. Ces informations peuvent être enseignées aussi bien dans le système général d'éducation que dans les formations supérieures.

Enfin, l'analyse détaillée d'accidents peut mettre en évidence le manque de connaissances sur les facteurs déclenchants et les mesures de protection et de prévention. Cet aspect sera traité à la partie 5.

En gardant en mémoire ces différents objectifs, une enquête (Keller et al., 1994), menée en 1993, a alors été entreprise parmi un échantillon d'utilisateurs afin de mieux comprendre les avantages et les défauts des bases de données sur les accidents. Au cours de cette analyse, 93 questionnaires provenant de 12 pays différents ont été pris en compte. Un quart des réponses provenait d'organisations gouvernementales, un autre quart de consultants et un tiers de sociétés industrielles. Les bases de données les plus couramment mentionnées étaient ARIA, FACTS et MHIDAS et représentaient 40 % du total des réponses. Dans cette enquête, 83 autres bases de données ont aussi été mentionnées spécifiques à une entreprise ou plus générales.

Cette analyse a permis une meilleure compréhension des utilisations des bases de données générales et a constitué un point de départ pour le travail ultérieur du groupe "Analyse d'accidents". Les points et caractéristiques importants qu'un utilisateur souhaite trouver dans une base de données sont explicités en pourcentages du total des réponses dans les tableaux 1 et 2.

Une analyse des caractéristiques complémentaires et des domaines à améliorer que les utilisateurs souhaitent voir incorporer ou améliorer dans l'avenir peut être faite à partir des tableaux 3 et 4.

La protection de la vie, de la santé et des biens est un besoin du public qui pourra alors peser sur la décision de poursuite ou non-poursuite d'exploitation d'une installation, en constituant une association ou par l'intermédiaire d'élus ou sur le plan juridique ou réglementaire.

Ces besoins très variés étant identifiés, nous allons maintenant examiner comment un expert ou un groupe d'experts peut mener une analyse d'accident dont les données et, surtout, les enseignements seront utilisés par ces divers utilisateurs.

A ce stade, on doit reconstituer comment a été construite et comment est exploitée l'installation (modes opératoires précis), quels en sont le management, la maintenance et les actions prises, quelles formations ont reçues les opérateurs, quelle est l'interaction possible de personnes non concernées par l'exploitation, quelle est la nature exacte des produits utilisés ou fabriqués, comment est surveillée l'installation. La définition de l'état sûr de fonctionnement du système (et ses dérives) est un point clé.

Toute analyse de risque doit toujours commencer par une définition précise des conditions de fonctionnement du système.

#### 3.4. Prise en compte de tous les scénarios possibles

On ne cherche pas ici à se poser la question de la possibilité d'occurrence de la séquence des évènements qui constituent les scénarios d'accidents.

Il s'agit d'établir tous les scénarios possibles à choisir à partir d'une liste préexistante de phénomènes liés à l'utilisation de substances dangereuses (on est alors renvoyé à leur classement) ou aux produits présents dans des bâtiments et dans des moyens de transport. Les effets mécaniques provenant de récipients et bâtiments sous pression permanente ou accidentelle ou lors du fonctionnement d'une installation sont à considérer comme scénarios potentiels (collision, déraillement, embrasement généralisé lors d'incendie, dégagement de fumées d'incendie). Seules les caractéristiques principales des scénarios sont prises en considération.

Ainsi, dans l'accident de Blaye, l'examen des conditions de fonctionnement du système a montré que l'explosion pouvait provenir de poussières fabriquées au cours de la manutention des céréales (blé, orge, maïs) ou du fait de la présence de gaz (fuite d'une canalisation de gaz ou gaz produit par fermentation du grain).

L'examen des dommages et les témoignages peut prouver ultérieurement la plausibilité d'un scénario :

- éclatement d'un réservoir ou bâtiment pour l'explosion
- effets thermiques avec flamme pour un incendie
- nuage coloré pour une fuite.

Les données sur des accidents et incidents antérieurs dans l'installation ou des installations similaires ou pour des produits similaires peuvent donner certaines idées sur une séquence d'évènements.

On peut alors établir, pour faciliter l'analyse ultérieure, un arbre d'évènements pour un phénomène donné.

De tels arbres facilitent ensuite la comparaison avec les faits, les dommages, les conditions de fonctionnement et attirent l'attention sur les scénarios les plus plausibles.

### 3.5. Plausibilité du scénario retenu

Les caractéristiques des produits impliqués (éventuellement examinés dans des essais), la modélisation des phénomènes d'explosion, d'incendie, de rupture mécanique, d'émission, de rejets, de corrosion ... sont alors nécessaires.

Les résultats des tests et de la modélisation sont comparés avec toutes les autres données collectées (dégâts, témoignages ...).

Il est alors possible de définir le scénario le plus plausible et d'écrire un résumé de l'accident sous une forme standardisée.

Dans le cas de l'accident de Blaye, pour ce qui concerne les sources d'inflammation, les essais ont pu montrer que l'électricité statique ne pouvait plausiblement être retenue. Mais c'est l'analyse des témoignages qui a permis de retenir un démarrage de l'explosion au sommet de la tour de manutention, a attiré l'attention sur le système de dépoussiérage et a imposé de s'intéresser aux sources d'inflammation présentes dans cette zone.

### 3.6. Leçons tirées

L'INERIS a été impliqué dans de nombreuses analyses à la demande du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement ou des industriels. Il prend aussi en compte, pour baser son expertise, divers autres accidents dont les données sont fournies dans la littérature spécialisée.

Ces leçons sont variées ; nous essaierons d'en donner une répartition en nous intéressant à la conception, au fonctionnement, à l'efficacité des mesures de prévention et de protection existantes, à l'intervention. Les exemples seront très schématiques. Il ne faut pas en tirer comme conclusion qu'il n'est pas nécessaire de s'intéresser à tous les enseignements tirés d'un accident particulier.

#### *3.6.1 Conception*

L'accident de Blaye en silo de stockage a mis en évidence l'importance de la répartition des personnes qui ne sont pas nécessaires à l'exploitation dans des zones pouvant être soumises aux effets dangereux de l'explosion. Ceci renvoie à la nécessité de mener une analyse de risques permettant de définir les situations dangereuses et les zones qui peuvent être soumises aux effets de l'accident.

L'accident survenu lors du transport ferroviaire de carburant sans plomb le 13 août 1993 à La Voulte entraînant l'évacuation de 1 000 personnes, un incendie des wagons et des explosions dans un réseau d'égouts et la pollution du réseau d'alimentation en eau mettent en évidence divers aspects de la conception : type de wagons de transport utilisés et leurs dispositifs de sécurité, position de la voie ferrée par rapport aux égouts et à l'adduction d'eau potable.

L'accident survenu en 1988 dans un entrepôt chimique à Sandoz-Bâle entraînant la pollution du Rhin et la destruction de poissons à la suite du rejet d'eau d'incendie montre l'importance de réaliser des bassins de rétention des eaux d'extinction d'incendie pour éviter leur dispersion dans le milieu.

### *3.6.2 Fonctionnement*

D'autres accidents mettent plus en évidence les conditions de fonctionnement, y compris la maintenance et la réparation.

L'incendie, survenu en 1987 à Nantes dans un entrepôt d'engrais ternaires NPK qui a entraîné l'évacuation de 30 000 personnes, met en évidence l'importance d'une répartition adaptée des marchandises dans un entrepôt, ainsi que la nécessité de disposer de moyens de lutte contre l'incendie.

Dans l'incendie d'un dépôt pétrolier à Saint-Ouen en juin 1991 où 15 pompiers ont été blessés et 1 000 personnes évacuées, l'intervention des pompiers aurait pu être facilitée et les dégâts être plus limités si une vanne d'isolement avait pu être fermée rapidement, ceci étant aussi en relation avec son accessibilité, sa conception e.

Dans le cas de l'explosion d'un dépôt de carburants à Saint-Herblain en octobre 1991, des travaux de remise en état d'un réservoir ont pu induire une certaine fragilité de cette installation; la présence du nuage blanc à forte odeur d'essence, jusqu'à hauteur d'homme n'a pas induit de dispositions précises pour éviter que des chauffeurs de camions-citernes venant pour assurer des chargements puissent évacuer la zone et ainsi se soustraire aux effets de l'explosion. Dans ce cas, l'implantation des postes de chargement peut aussi être mis en évidence.

### *3.6.3. Mesures de prévention et de protection*

Pour l'explosion survenue à la raffinerie de la Mède en novembre 1992, on peut s'intéresser aux conditions de traitement de l'information fournie par les détecteurs d'atmosphères explosives et les actions à entreprendre à la suite de cette détection sur le plan des opérations à mener, sur la protection des personnes dans la salle de commande et des opérateurs sur site.

Une fuite importante d'ammoniac survenue sur un site chimique à Mazingarbe lors du déchargement d'un wagon d'ammoniac a montré l'absence de fiabilité suffisante d'une vanne permettant d'arrêter le déchargement et, de ce fait, la difficulté d'intervention de personnel pourtant formé à une telle intervention.

On peut encore citer un accident en 1997 sur une installation chimique reliée à une torchère où, à la suite d'un défaut électrique, certaines utilités n'ont pu être maintenues ce qui a placé le fonctionnement de l'installation dans une situation dégradée.

#### 3.6 4. Intervention

Sans vouloir entrer dans des détails, il faut souligner les difficultés des équipes d'intervention quand elles sont affrontées à des situations ou à des phénomènes variés.

C'est le cas de la lutte contre l'incendie des feux de produits solides granulaires en vrac quand on ne peut utiliser facilement des moyens d'inertier pour empêcher la poursuite de la combustion du fait que l'incendie se produit à l'air libre.

C'est encore le cas pour les pompiers qui luttent contre un incendie d'entrepôts où des moyens de rétention pour les eaux d'incendie n'ont pas été mis en place.

C'est enfin le problème grave de la lutte contre l'incendie dans des entrepôts où la distribution des produits ou des biens n'est pas connue et où il est impossible de prévoir les effets possibles d'une explosion, des vapeurs toxiques émises ou des fumées d'incendie.

ooOoo

Tout ce que nous venons d'illustrer ne visait que des aspects techniques, mais il ne faut pas sous-estimer le rôle du comportement d'une personne même parfaitement entraînée, ni l'importance du management d'une installation.

Dans tous ces cas, nous voudrions faire remarquer qu'il existe souvent un problème d'approche commune par tous ceux qui peuvent être impliqués dans un accident industriel : le concepteur d'un équipement ou d'un process, l'exploitant de l'équipement ou du process, les personnes chargées d'une intervention en situation accidentelle ...

Pour toutes ces personnes, il est indispensable d'avoir mené une analyse de risques sur les mêmes bases.

Le constructeur, à l'issue de son analyse de risque doit pouvoir identifier et caractériser les situations dangereuses lors du fonctionnement de l'équipement et définir, dans les informations pour l'utilisateur, la notion d'utilisation conformément à sa destination de son équipement et avertir cet utilisateur des mauvais usages raisonnablement prévisibles et avoir prévu les dysfonctionnements et les moyens d'éviter qu'ils ne conduisent à des situations dangereuses.

L'utilisateur va souvent intégrer dans une installation diverses pièces d'équipement qui ont pu individuellement avoir fait l'objet d'une analyse de risques, mais qui, montées dans l'ensemble, présentent d'autres risques. C'est une raison pour que l'analyse de risques soit effectivement faite pour le processus complet et définisse le domaine de fonctionnement sûr.

Dans le champ de l'intervention en situation accidentelle, les conséquences maximales des scénarios doivent être prévues à l'avance pour permettre aux équipes chargées de l'intervention d'adopter les mesures organisationnelles permettant de protéger au mieux le site industriel et les personnes dans le voisinage, en adoptant les moyens de lutte, d'évacuation (ou de confinement) qui s'imposent.

Dans le cas du public, l'analyse du risque doit être résumée dans une brochure lui expliquant le comportement à avoir.

On peut donc affirmer que le retour d'expérience sur les accidents est un moyen de vérifier si l'analyse de risque faite de façon prévisionnelle est effectivement adaptée.

Mais l'utilisateur des données ainsi rassemblées sur les accidents requiert aussi qu'on puisse être assuré que les données sont fiables.

C'est alors un problème de collecte de données, d'organisation d'une base de données et d'utilisation de cette base

#### **4. Développement des bases de données**

Nous avons pu mentionner précédemment les besoins des utilisateurs et montrer le nombre de bases déjà existantes et certains points où des données plus précises étaient nécessaires.

Pour l'heure, aussi bien l'European Process Safety Center (S. Jones, 1998) que le Bureau des Accidents Majeurs du Centre de Recherche Communautaire que le groupe de travail de l'ESReDA (AA) sur l'analyse des accidents (Pineau, 1998) se préoccupent de cet aspect.

Pour ce qui le concerne, le groupe ESReDA (AA) cherche à établir un document de conseils pour gérer une base de données présentant le maximum de fiabilité sur les accidents (le terme "base de données" que nous évoquons ici est utilisé pour toutes données rassemblées et stockées d'une façon structurée, que le support soit ou non électronique).

Ce document de conseils (E. Funnemark, 1998), concernant les bases de données sur les accidents liés à l'hygiène, la sécurité et l'environnement comme outil de management est en cours de rédaction, et visera à une harmonisation dans le domaine de l'analyse des accidents, de leur collecte et de la validation de données. Il comportera les chapitres suivants :

- introduction, précisant la nécessité d'une prise en considération des incidents, presqu'accidents et accidents dans le management et de la définition au préalable des objectifs de la base de données à mettre en place
- objectifs pour obtenir des données de haute qualité pour tous les points indiqués aux chapitres suivants
- types d'utilisation des données sur les accidents
- opérateur de la base de données

- structure de la base de données (type d'installations, conditions externes, conditions de fonctionnement, causes et conséquences des accidents, description du déroulement de l'accident, éventuellement intervention d'urgence, suivi et améliorations apportées) et description des données
- analyse quantitative et données sur les populations
- moyens de stockage et logiciels utilisés
- fonctionnement des bases de données et maintenance (recueil, enregistrement, assurance qualité, analyse des données...)
- analyse d'incidents

C'est ainsi que les utilisateurs pourraient avoir la garantie qu'ils utilisent des informations fiables.

Pour tirer tous les enseignements possibles, il faut s'attacher aussi bien aux causes immédiates qu'aux causes fondamentales.

Dans les causes immédiates, on s'intéressera notamment à un défaut mécanique, à une défaillance du système de sécurité, à une erreur de l'opérateur, à des événements naturels, au non-respect d'une procédure.

Dans les causes fondamentales, on s'attachera aux défauts de conception, à l'utilisation de matériel non adéquat, à un manque de prise en compte des risques, à des défauts de surveillance, de maintenance, de formation, à des défauts de management.

## **5. Quels travaux pour progresser dans la sécurité des installations (Pineau, 1999)?**

### 5.1. Comment et pourquoi développer des bases de données ?

Pour en terminer avec les bases de données de qualité garantie, il faut souligner le caractère indispensable de la mise en réseau de ces bases et de leur ouverture au public le plus large. Ceci se heurte à des difficultés de taille. Pour les accidents ayant des conséquences judiciaires et assurantielles, l'interprétation d'un accident peut se traduire par la mise en cause de responsabilités et on comprend facilement la réticence à fournir des informations qui sont souvent des hypothèses pas toujours vérifiées par les faits. Mais ce n'est qu'à ce prix que la sécurité des installations peut progresser.

Comme cela est demandé dans les systèmes de management de la sécurité, chaque entreprise doit mettre en place, pour ses besoins internes, une base de données sur les incidents et accidents pour évaluer ses performances dans le domaine de la sécurité.

### 5.2. Des phénomènes encore mal connus

Même si des connaissances ont été largement développées sur les phénomènes (incendies, explosions, émissions, rejets) entraînant des risques technologiques majeurs, il demeure encore des lacunes dans les connaissances.

L'explosion à l'air libre à la suite de fuites de gaz inflammables comprimés ou liquéfiés mérite encore des travaux pour comprendre l'influence des obstacles sur la réflexion des ondes de pression et l'accélération éventuelle des flammes. Ces connaissances permettraient d'implanter des installations dans de meilleures conditions de sécurité.

Certaines configurations d'explosions en enceintes fermées communiquant ou dans des espaces très allongés (tunnels) doivent permettre de mieux comprendre la possibilité d'obtenir le régime de détonation qui se traduit par les effets d'explosion les plus élevés. On pourrait alors construire des installations plus adaptées pour éviter ces phénomènes.

En ce qui concerne les incendies dans les tunnels ou les stockages, la validation des modèles existant sur la base de l'expérimentation reste encore largement à faire. Il n'est que de prendre l'exemple récent de l'accident dans le tunnel du Mont Blanc. C'est toute l'approche de la puissance de l'incendie au cours du temps qui reste à appréhender avec son influence sur la nature des produits formés et l'élévation du panache de fumées lorsqu'on est en champ libre, ou la possibilité de "back layering" dans des tunnels.

Dans le domaine de l'émission aérienne de produits, lorsqu'on a affaire à des combustibles ou toxiques liquéfiés, il faut encore progresser dans la connaissance de la répartition entre les phases liquides, aérosols et vapeurs selon la nature des produits.

Le problème de la toxicité aiguë des nuages toxiques formés reste entier pour beaucoup de produits.

### 5.3. Développer des mesures de sécurité plus fiables

Dans bon nombre de cas, il reste à tester l'efficacité et la fiabilité de différents dispositifs techniques reste largement à prouver ; les mesures de sécurité à adopter restent encore à valider (rideaux d'eau vis-à-vis des rayonnements et de la propagation des nuages, systèmes d'arrêt des explosions et incendies).

### 5.4. Analyse de risque

Le développement de méthodologies communes d'analyse de risque harmonisées entre concepteur, utilisateur et équipes d'intervention représente un enjeu majeur. Des développements importants sont à promouvoir sur la définition et l'emploi d'outils de hiérarchisation des aspects significatifs. Ce n'est qu'ainsi que peuvent être planifiées des actions d'amélioration dans le cadre d'un système de management de la sécurité.

Des méthodes adaptées pour l'évaluation de la sûreté fonctionnelle de systèmes dédiés à la sécurité (automate, bus de terrain) sont aussi à promouvoir et doivent permettre de vérifier que de tels systèmes sont suffisamment résistants à des défaillances et à des dysfonctionnements.

Dans cette optique, la vérification de l'inocuité du spectre électromagnétique existant sur un site vis à vis de divers systèmes électroniques reste encore à développer.

### 5.5. Prise en compte du facteur humain

Les études sur la perception (Pioche,1998) de l'état d'un système et les aspects cognitifs sont à prendre en considération et restent à intégrer dans l'analyse de risque. Ceci est spécialement à examiner pour la formation sur simulateur.

### 5.6 Management de la sécurité

De façon volontaire, les industriels commencent le développement de systèmes de management de la Sécurité (qu'il est souhaitable de voir harmonisés avec les systèmes concernant l'environnement et l'Hygiène). Une telle action (A. Accorsi, 1999) est la suite logique de l'analyse de risque qui vise à planifier les objectifs de la politique de sécurité compte tenu de la hiérarchisation des aspects significatifs, de mettre en place les dispositions de sécurité retenues dans les actions d'amélioration ainsi que de vérifier et évaluer les performances obtenues et d'entrer ainsi dans une perspective d'amélioration continue. Soulignons que dans le cadre de l'application de la directive Seveso II, la mise en place d'un système de management de la sécurité sera obligatoire

### **Références**

Accorsi, Pineau J.P., Prats A. - Health, Safety and Environment managemnet system : a method for ranking impacts in small and medium enterprises, EMChIE, 3rd European meeting, Cracow (PL), 1-3 septembre 1995.

Brenig H.W., Säger S., Uth J. - Accident information systems and analysis in Germany based on the federal emission protection act. Proceedings of the 7th ESReDA Seminar on Accident Analysis, Ispra (Italy), 13-14 octobre 1994, 159-169.

Chaugny M. - Experience from two years operating the ARIA database. Proceedings of the 7th ESReDA Seminar on Accident Analysis, Ispra (Italy), 13-14 octobre 1994, 127-150.

Funnemark E. - High quality databases : a guidance document. Seminar "Accident databases as a management tool", Antwerpen, 16-17 novembre 1998.

Jones S. - Benchmarking on EPSC member company incident reporting systems. Seminar "Accident databases as a management tool", Antwerpen, 16-17 novembre 1998.

Keller A.Z., Pineau J.P. - Initial assessment of strengths and weaknesses of current accident databases. Proceedings of the 7th ESReDA Seminar on Accident Analysis, Ispra (Italy), 13-14 octobre 1994, 17-54.

Lechaudel J.F., Mouilleau Y. - Assessment of an accidental vapour cloud explosion. A case study - Saint-Herblain, 7 octobre 1991, France. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. Anvers, 6-9 juin 1995.

Lechaudel J.F., Bauchet S. - Assessment of two accidents involving safety devices. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. Barcelone, 4-7 mai 1998.

Liew S.K., Deaves D.M. - Eurotunnel HGV fires on 18th November 1996 : fire development and effects". International seminar consequences of the Channel tunnel fire for all road and rail tunnels. 12 mars 1998, Nice, France.

Masson F. - Explosion d'un silo de céréales. Blaye 33. Rapport de synthèse. INERIS 1998.

Masson F., Pineau J.P. - Investigation of accidents and sharing information : an expert point of view. Seminar "Accident databases as a management tool", Antwerpen, 16-17 novembre 1998.

Michaelis P. (TOTAL), Hodin A. (EDF-CLi), Lechaudel J.F., Mavrothalassitis (INERIS), Mejean P. (METRAFLU) - Methods applied to investigate the major UVCE that occurred in the TOTAL refinery's fluid catalytic cracking unit at La Mède, France. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries. Anvers, 6-9 juin 1995.

Painter D. - The use of MHIDAS and other databases with the UK Health and Safety Executive - Proceedings of the 7th ESReDA Seminar on Accident Analysis, Ispra (Italy), 13-14 octobre 1994, 151-158.

Pineau J.P. - Development and use of a directory of accident databases involving chemicals - ESREL 1997 - Lisbon (Portugal), 17-20 juin 1997.

Pineau J.P. - Directory of ESReDA Accident Databases. Seminar on "Accident databases as a management tool", Antwerpen (B), 16-17 novembre 1998.

Pineau J.P. - Application of Seveso II Directive in France. Journal of Hazardous Materials. 65 (1999), p. 49-57.

Pineau J.P., Abiven F., Lechaudel J.F., Mavrothalassitis - Accident analysis : a requirement for safety analysis and for emergency response. Conference "Emergency response, 93". Saint-John N-B, Canada, 7-9 septembre 1993.

Pioche L., Pineau J.P., Cadet B. - Perception of an emergency situation by operators in an oil refinery. Proceedings of the European conference on safety and reliability. ESREL 98. Trondheim, Norvège, 16-19 juin 1998, p. 743-749.

Rasmussen K. - The experience with the major accident reporting system from 1984 to 1993. Report EUR 16341 EN, Joint Research Center, European Commission, ISBN92-827-5529-0.

### **3. Les étapes de l'analyse d'un accident technologique**

Compte tenu de la complexité de chaque installation considérée, il sera nécessaire de rassembler un groupe d'experts plus ou moins important. Des aspects comme la connaissance du procédé, des produits impliqués, des phénomènes mis en cause, du matériel, du facteur humain ... peuvent être nécessaires. Il est alors souhaitable que l'analyse d'un accident suive des étapes (F. Masson, J. P. Pineau, 1998) qui seront illustrées sur l'exemple de l'explosion du silo de Blaye (F. Masson, 1998).

1. caractéristiques de l'installation
2. collecte de données sur les dommages : témoignage et divers constats
3. définition de l'état de l'installation juste avant l'accident
4. prise en compte de tous les scénarios possibles d'accident
5. plausibilité du scénario retenu
6. leçons tirées.

#### 3.1. Caractéristiques de l'installation

Toutes informations sur l'emplacement de l'installation (système de transport) impliqué(e), les autres installations, bâtiments, voiries à proximité, les procédures opératoires au moment de l'accident, les types de produits, matières et matériaux utilisés et fabriqués, la position des opérateurs et témoins divers doivent être rassemblés. Les moyens de prévention et de protection, les réglementations existantes et les règles de l'art, le plan d'intervention en situation d'urgence sont aussi à prendre en compte. Les données sur la réalisation de l'intervention en situation d'urgence peuvent également apporter des éléments utiles sur le déroulement de l'accident et l'efficacité des mesures de prévention et de protection, mais peuvent aussi mettre en évidence des modifications sur l'installation.

#### 3.2. Collecte de données

Il s'agit de rassembler des informations sur les dommages constatés, des témoignages, de prélever des échantillons et éléments divers pour analyse ultérieure.

L'observation des dommages est à réaliser le plus tôt possible après l'accident et, si possible, au cours du déroulement de l'accident car certaines preuves peuvent disparaître rapidement, soit du fait du déroulement (destruction par incendie par exemple), soit du fait de l'intervention (évacuation de débris pour dégager des victimes ...).

#### 3.3. Définition de l'état de l'installation juste avant l'accident

Les analyses d'accident ont démontré que dans de nombreux cas, le système n'était pas conçu et ne fonctionnait pas comme indiqué dans les documents de construction et de réalisation. Les procédures de fonctionnement étaient souvent mal définies ou peu adaptées.

**Tableau 1**  
**Points importants\***

Données fournies pour :	Pourcentage
Identification des scénarios d'accidents	79 %
Défauts dans la conception des installations et systèmes dangereux	58 %
Evaluation de procédures d'urgence	26 %
Formulation de politiques à l'échelle nationale et internationale	14 %
Formulation de politiques pour les compagnies de banques et d'assurance	5 %
Validation de modèles décrivant des accidents	17 %
Amélioration du management en qualité totale de la sécurité	26 %
Etablissement de taux de fiabilité et de défaillance	13 %
Application de normes et législation	17 %

\*choix multiples possibles

### Caractéristiques importantes\*

Focus	Pourcentage
Séquence accidentelle	74 %
Produits chimiques	60 %
Aspects management et opérateur	45 %
Aspects technologiques	68 %
Causes externes	40 %
Phénomènes physiques et chimiques	54 %
Pertes humaines	48 %
Impact environnemental	53 %
Perte d'installations	44 %

\*choix multiples possibles

**Tableau 3**  
**Domaines d'amélioration**

	Pourcentage
Identification	49 %
Type d'activité	39 %
Produits chimiques impliqués	49 %
Matériel impliqué	44 %
Phénomènes physiques impliqués	40 %

**Tableau 4 : Caractéristiques à introduire**

	Non nécessaire	Pour simple information	Utile	Très important	
Management de la sécurité	7 %	14 %	50 %	29 %	Utile
Cause déclenchante - Liée à l'homme	4 %	2 %	23 %	71 %	Très important
Cause déclenchante - Liée aux facteurs naturels	6 %	9 %	29 %	56 %	Très important
Environnement - Géographie	6 %	23 %	40 %	31 %	Utile
Environnement - Population	4 %	27 %	40 %	29 %	Utile
Réponse d'urgence sur le site	9 %	20 %	37 %	34 %	Utile
Réponse d'urgence hors site	10 %	31 %	35 %	24 %	Utile
Conséquences immédiates pour l'homme	9 %	6 %	20 %	65 %	Très important
Conséquences à moyen terme	6 %	14 %	40 %	40 %	Très important
Conséquences à long terme	8 %	21 %	33 %	38 %	Très important
Coûts financiers	10 %	33 %	27 %	30 %	Pour simple information
Echelle de gravité	27 %	21 %	45 %	17 %	Utile
Violation des réglementations	10 %	23 %	43 %	24 %	Utile
Références à la littérature	6 %	13 %	39 %	42 %	Très important
Assurance qualité	26 %	22 %	29 %	23 %	Utile

