Analyses d'accidents : une nécessité pour les analyses de danger et l'intervention en situation d'urgence ?

Jean-Philippe Pineau, Françoise Abiven, Jean-François Lechaudel, Guy Mavrothalassitis

▶ **To cite this version:**

Jean-Philippe Pineau, Françoise Abiven, Jean-François Lechaudel, Guy Mavrothalassitis. Analyses d'accidents : une nécessité pour les analyses de danger et l'intervention en situation d'urgence ?. Colloque européen "Technologies avancées nouveaux risques nouveaux comportements", Nov 1993, Metz, France. ineris-00971868

HAL Id: ineris-00971868

https://ineris.hal.science/ineris-00971868

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.

ANALYSES D'ACCIDENTS : UNE NECESSITE POUR LES ANALYSES DE DANGER ET L'INTERVENTION EN SITUATION D'URGENCE ?

J.P. PINEAU, F. ABIVEN, J.F. LECHAUDEL, G. MAVROTHALASSITIS
INERIS, Parc Technologique Alata B.P. 2,
60550 VERNEUIL EN HALATTE, FRANCE

RESUME

Lors d'accidents industriels mettant en jeu des explosions, des incendies ou des émissions de produits toxiques ou inflammables dans l'environnement, les effets à prendre en compte s'expriment en termes d'impulsions de pression, de projections de débris, de flux thermiques et de rejets de produits toxiques dans l'air, les eaux et les sols.

Dans sa première partie, le présent article présente les conclusions consécutives à l'analyse de différents types d'accidents survenus en France et met en évidence l'absence de connaissances suffisantes sur le déroulement d'explosions non confinées ou partiellement confinées et sur les modalités d'émissions de produits toxiques lors d'incendies. La prise en considération de ces accidents et de bases de données sur les accidents permettra aux autorités compétentes, aux industriels, aux assureurs et aux centres techniques intéressés par ces questions de partager leurs expériences.

La seconde partie aborde la validation des logiciels commerciaux de calcul des conséquences. La comparaison des résultats de l'examen des logiciels CAMEO 3.0, CHARM 6.1, PHAST 3.0 et TRACE 2.5.4. utilisés pour définir tout ou partie des effets mentionnés plus haut a permis de mettre en évidence la nécessité d'un protocole d'évaluation. Pour un tel protocole sont à retenir : la pertinence des modèles physiques, la convivialité pour l'utilisateur, le caractére adapté des bases de données et du manuel opérateur.

INTRODUCTION

Les statistiques des assureurs dénombrent, en France et au cours de l'année 1991, 195 accidents ayant chacun occasionné plus de 1 million de dollars (U.S.) de dégâts (1). Pour l'ensemble de ces accidents le total des pertes a dépassé un milliard de dollars (U.S.). Beaucoup de ces accidents étaient des incendies et seuls huit cas d'explosions ont été signalés.

Par ailleurs le Ministère Français de l'Environnement, par l'intermédiaire de l'Inspection des Installations Classées, enquête sur tous les accidents ayant entraîné des dommages importants pour l'homme ou l'environnement. La synthèse de ces investigations est assurée par un de ses services, le Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles (BARPI) qui a, par ailleurs, mis en place une base de données sur les accidents (ARIA); pour collecter les informations, il a été nécessaire d'établir un questionnaire qui a été retenu par l'OCDE (2).

Enfin, l'INERIS s'est intéressé de longue date à la prévention et à la protection contre les effets de l'incendie et de l'explosion des installations industrielles de secteurs variés : chimie, pétrole, agro-alimentaire, métallurgie, énergie, mines de charbon, et plus récemment, le secteur des transports ferroviaires de matières dangereuses. Les travaux ont aussi concerné la modélisation physique et l'expérimentation sur les phénomènes mis en jeu ainsi que la définition et les essais de dispositifs de détection, de prévention et de protection pour proposer des conditions d'exploitation plus sûres.

Dans une première partie, nous proposons une identification des connaissances à développer sur les phénomènes d'incendies et d'explosions et sur leurs effets. Les conclusions s'appuieront sur les résultats d'enquêtes consécutives à un incendie de stockage d'engrais, à des incendies de produits pétroliers, à des explosions non confinées à la suite de fuites de gaz inflammables, à des explosions de silos de céréales ainsi quà une explosion dans la métallurgie. Compte tenu des constatations faites, des propositions concerneront les données à rassembler lors de l'enquête sur un accident et la pertinence des informations à introduire dans une base de données.

Pour l'analyse des accidents, il est souvent indispensable d'utiliser différents logiciels de calcul des effets. Aussi, on traitera dans une seconde partie de la validation de divers logiciels du commerce en mettant en évidence l'intérêt d'un protocole d'évaluation et l'importance que revêtent les conditions de mise en oeuvre appropriées à l'usage de différents publics.

A partir des travaux menés pour le Ministère de l'environnement et pour des exploitants, nous chercherons à tirer les principales conclusions pratiques à prendre en compte dans les études de dangers et les plans d'urgence.

ANALYSE DES DONNEES SUR LES ACCIDENTS

Avant d'analyser la validité des informations sur les accidents tirées de bases de données, les principales conclusions d'expertises d'accidents par l'INERIS seront évoquées ci-après.

Expertise d'accidents par l'INERIS

Incendies de stockage de substances solides.

Dans le cas de l'accident survenu sur le port de Nantes en 1987, un stock de 850 tonnes d'engrais ternaire NPK (15-8-22) a pris feu accidentellement. D'épaisses fumées de décomposition ont conduit à déclencher l'évacuation de 30 000 personnes. Si l'occurrence de ce type d'accident est heureusement faible, nous avons été cependant en mesure, sur la période 1961-1966 en Europe occidentale, de trouver quatre autres cas aux conséquences aussi sérieuses.

A la demande du Ministère de l'Environnement, l'expérimentation menée sur une tonne d'engrais dans la galerie d'incendie de l'INERIS a permis de mettre en évidence la rapidité de la décomposition -qu'un essai à petite échelle (essai en auge) ne permettait pas de prévoir- ainsi que la nature et les débits des fumées d'incendie formées. A côté des produits azotés (chlorure d'ammonium, acide nitrique, azote et oxydes d'azote) et chlorés (chlore et acide chlorhydrique), se sont aussi formés du gaz carbonique et de l'oxyde de carbone provenant du produit d'enrobage de l'engrais (3). Sur la base de ces résultats ont été établies des régles pour le stockage de tels produits et définies des modalités de lutte contre de tels accidents

La méthode d'examen dans la galerie d'incendie a aussi été appliquée à des produits phyto-sanitaires. Les résultats ont conduit l'Administration, en concertation avec l'Union des Industries pour la protection des plantes, à fixer les conditions d'implantation de tels dépôts (3).

Incendies de stockage de substances liquides.

En juin 1991, à Saint-Ouen, en zone urbanisée de la région parisienne, un incendie d'un dépôt d'hydrocarbures de 98 000 m^3 a nécessité l'intervention de 250 pompiers qui sont venus à bout du sinistre en cinq heures. Quinze d'entre eux ont été blessés; 1 400 personnes ont dû être évacuées. L'enquête a permis de mettre en évidence des travaux en cours sur l'installation et la contribution majeure à l'incendie d'une fuite importante sur une vanne; aucune explosion importante n'a été observée. L'action des pompiers a été gênée par la difficulté d'accès aux abords de la fuite.

A la suite de cet accident et à la demande de l'industriel, compte tenu de l'implantation des cuves, nous avons caractérisé l'importance des risques en calculant les effets de rayonnement thermique pour divers scénarios accidentels.

Incendie et explosion à la suite du déraillement d'un train de citernes de liquides inflammables.

En janvier 1993, 20 wagons de supercarburant sans plomb ont déraillé en sortie d'un tunnel à La Voulte, ville de 6 000 habitants dans la vallée du Rhône. Très rapidement, le liquide s'échappant des wagons éventrés s'est enflammé et a propagé un incendie qui s'est communiqué à des habitations en même temps que les égoûts se remplissaient d'essence. Un wagon pris dans l'incendie a explosé et des explosions successives ont eu lieu dans les égoûts. Un millier de personnes a du être évacué sans aucune perte de vie humaine (7).

A la demande du Ministère de l'Environnement, outre l'enquête pour déterminer les causes de ce sinistre, plusieurs experts (Bureau des Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.), INERIS, Société Nationale des Chemins de Fer Français (S.N.C.F.) ont effectué des examens pour évaluer les conséquences sur l'environnement (essentiellement rejet d'hydrocarbures dans le sol et dans les eaux, dépollution des sols).

Explosion non confinée dans un stockage de liquides inflammables.

En octobre 1991, à St Herblain près de Nantes, dans un stockage de produits pétroliers liquides de 76 000 m^3, une violente explosion s'est produite, suivie d'un incendie qui a provoqué la mort d'une personne et des dégâts matériels notables dans un rayon de un à deux kilomètres. La Société responsable du site a demandé à l'INERIS d'analyser cet accident.

Les observations faites par des témoins présents sur le site laissent soupçonner la formation d'une nappe de gaz et d'aérosols d'hydrocarbures qui s'est ensuite enflammée assez loin du point d'émission et s'est traduite par une explosion non confinée (UVCE). Cette nappe a été produite à partir d'une fuite dont l'origine n'est pas entièrement expliquée. L'examen détaillé des dégâts a permis de retenir une pression d'explosion dans le champ proche de 50 kPa au maximum ce qui correspond à une explosion (déflagration) dont la violence a été favorisée par un relatif encombrement du site (influence d'obstacles).

Pour évaluer les effets mécaniques d'une telle explosion, l'équivalent T.N.T. est souvent utilisé, mais cette méthode doit être considérée comme inadaptée dans le champ proche car il ne s'agit pas ici d'une détonation d'explosifs. La méthode multi-énergie (4) qui tient compte du volume et de la forme du mélange inflammable formé et du niveau de confinement ou d'encombrement de la zone concernée a été employée; l'ordre de grandeur de l'importance du mélange inflammable formé : 4 000m^3 environ et sa localisation a pu ainsi être déterminée. Ceci a permis de valider le scénario probable de déroulement de l'explosion. Les mécanismes de formation d'aérosols de liquides inflammables étant mal connus, une étude a été lancée à l'INERIS sur cet aspect.

Explosions non confinées sur des sites chimiques.

Au début des années 1980, après une fuite accidentelle de 180 kg d'un mélange hydrogène/méthane (3/1) dans une installation chimique, une explosion s'est produite et a conduit à la mort d'une personne et à des dégâts importants sur l'installation. L'examen entrepris à la demande de l'industriel a montré que moins de 1% du gaz émis a été impliqué dans l'explosion. Pour comprendre de tels effets, nous avons entrepris ultérieurement une étude expérimentale sur des fuites de gaz sous pression pour valider les méthodes de calcul des mélanges formés à la suite de fuites massives (5). Un travail de recherche européen groupant 8 laboratoires est en cours.

En novembre 1992, à la suite d'une fuite de gaz, une série d'explosions suivies d'un incendie s'est produite dans une des installations de l'unité de craquage catalytique de la raffinerie de La Mède, dans le sud de la France, provoquant la mort de six personnes sur le site et des dégâts matériels considérables, avec projection importante de débris. Une grande partie des installations du site a du être arrêtée à la suite de cet accident (6).

Une commission d'enquête interne à la société pétrolière concernée et constituée d'experts de cette société, de l'EDF (Electricité de France), de l'INERIS et de la SNPE (Société Nationale des Poudres et Explosifs) a tenté de comprendre les circonstances de l'accident; pour ce faire, elle a examiné des témoignages et des éléments matériels disponibles (enregistrement des mesures, cahier de rapports), pour déterminer si un incident opératoire ou autre pouvait être à l'origine de l'accident, et pour en reconstituer le déroulement, qu'il s'agisse de la fuite de gaz ou de l'inflammation.

La description des dégâts a permis de déterminer la pression d'explosion dans le champ proche évaluée à 50-200 kPa. En fonction des hypothèses concernant la nature du gaz et des conditions d'exploitation, il a été possible de déterminer que le volume de mélange inflammable ayant réagi était de l'ordre de 50 000 m^3. Tous ces calculs permettent de rechercher l'origine la plus probable de la fuite.

Explosions dans des stockages de produits agro-alimentaires.

Chaque année se produisent en France des explosions avec des conséquences plus ou moins importantes.

En 1992, une explosion s'est par exemple produite lors du chargement de maïs d'un bateau dans le port de La Rochelle. Les dégâts ont été uniquement matériels, des débris ont cependant été projetés dans un rayon d'une vingtaine de mètres.

Plus importants dans leurs effets ont été les deux accidents suivants dont les analyses ont été faites respectivement pour le Ministère du Travail et la société concernée (5).

En 1982, sur le site du port fluvial de Metz, une explosion dans un silo de malt et d'orge a entraîné la mort de 12 personnes y travaillant, la ruine de neuf des quatorze cellules en béton et de la tour de travail ainsi que la projection de blocs de béton jusqu'à 80 m.

La même année, dans une installation de stockage de sucre (deux cellules de 20 000 t et une de 40 000 t), une très violente explosion à entraîné la projection de débris jusqu'à 500 m, des dégâts majeurs aux structures qui ont entraîné la reconstruction totale mais heureusement aucune perte en vie humaine.

Explosion dans une installation métallurgique.

En 1986 (8), dans une installation de coulée d'alliage d'aluminium située à Issoire dans le centre de la France, une très violente explosion a entraîné la mort de quatre personnes et des blessures à 25 autres, de l'ordre de 40 millions de dollars (U.S.) de dégâts et des projections de débris jusqu'à 700 mètres. L'amorçage de l'explosion était dû à la foudre qui a entraîné la formation de goutelettes d'alliage qui, dispersées dans l'air, ont conduit à l'explosion.

La commission d'enquête mise en place par l'industriel après l'accident a travaillé en étroit contact avec les autorités judiciaires et administratives. Elle réunissait notamment des experts de l'explosion, de la météorologie, des orages et du génie civil. Le mécanisme de l'accident a pu être établi en confrontant les témoignages, les indices présentés par le matériel et les résultats de travaux expérimentaux et d'expertise concernant les mécanismes mis en jeu.

Validité des informations sur les accidents

Les accidents industriels doivent être pris en compte aussi bien dans les études des dangers que dans les plans d'urgence. Des bases de données ont été établies par différents organismes. Les plus accessibles en Europe dans le domaine sont ARIA (BARPI - France), FACTS (T.N.O - N.L.), MARS (J.R.C - C.C.E. - ,mais qui est confidentielle) et MHIDAS (H.S.E - U.K.).

L'INERIS qui utilise ces bases a pour objectif de s'assurer de la qualité des données. Pour ce faire, une évaluation des avantages et des inconvénients des bases de données existantes devrait être entreprise. Ceci est en cours dans le cadre d'un groupe de travail de l'ESReDA (European Safety and Reliability Data Association), qui se propose de mieux définir les besoins des différents utilisateurs (administration, intervenants en situations d'urgence, industriels d'un secteur donné, sociétés d'assurance, d'ingénierie et de conseil, organismes de recherche....). A terme, ceci devrait déboucher sur la mise en place d'un questionnaire harmonisé à remplir à la suite de tout accident notable, par exemple du genre de celui qui est utilisé pour la base de données ARIA.

Par ailleurs, la pertinence des informations peut être assez différente selon la compétence des personnes qui ont enquêté. Nous tenons à souligner l'importance de la constitution d'équipes pluridisciplinaires comprenant non seulement des spécialistes des phénomènes mis en cause, mais aussi des responsables de l'unité sinistrée, des experts du process, des assureurs et des représentants des administrations concernées par les études des dangers et l'application des plans d'urgence.

Manque de connaissances sur les phénomènes accidentels et leurs effets

Pour ces divers types d'accidents, incendies et explosions, l'interprétation des phénomènes et de leurs effets doit prendre en considération les produits manipulés, le type d'installation et ses conditions d'exploitation.

Accidents de liquides inflammables.

L'examen de cas mettant en oeuvre des liquides inflammables (Accident de St Ouen, de St Herblain et de La Voulte) permet de constater qu'il s'agit respectivement d'un incendie pratiquement sans autres effets, d'une explosion non confinée suivie d'un incendie et enfin d'un incendie suivie d'explosion dans un réseau de canalisations. C'est la configuration des lieux qui, une fois la fuite survenue, va influer le plus sur les conséquences accidentelles.

L'accélération des vitesses de flamme dans le mélange inflammable formé et l'importance des effets de l'explosion aérienne dépendront des conditions de vaporisation et de formation d'aérosols, lesquelles restent encore à caractériser.

Accidents dus à des fuites de gaz.

Depuis le début des années 1990, c'est l'accident (explosion non confinée) à la raffinerie de La Mède par suite d'une fuite de gaz qui a conduit au nombre de morts le plus élevé dans une installation. Les phénomènes de formation des mélanges inflammables et la caractérisation des effets de l'explosion sont encore mal connus.

Accidents en silos de stockage.

Dans le cas des accidents en silos de stockage de produits alimentaires, les destructions peuvent être massives avec projection de débris à plus ou moins grande distance selon les modalités exactes de construction de l'installation. C'est un tel accident qui dans la décennie 80 en France a conduit au nombre de morts le plus élevé. Dans de telles installations les modalités de construction, voire de réparation, influent largement sur l'importance des effets destructeurs. La connaissance des mécanismes de propagation des explosions de poussières dans des installations de géométries complexes reste encore à développer pour prévoir les règles de construction permettant de réduire les effets de telles explosions.

Accidents avec émission de produits toxiques.

Les incendies avec émission de produits toxiques sont de nature à entraîner des évacuations massives de zones urbanisées compte tenu de la formation d'un nuage toxique ainsi que des pollutions des eaux et des sols. La caractérisation des vitesses de décomposition et de combustion ainsi que la dispersion de panaches de fumées chaudes reste à développer. Il en va de même de l'effet incapacitant des fumées émises vis à vis du personnel chargé de la lutte contre l'incendie.

Autre type d'accident.

Certains accidents enfin comme celui de l'usine d'Issoire sont difficilement prévisibles et, même en adoptant des mesures renforcées de protection contre les effets de la foudre, sont pratiquement impossibles à éviter quelle que soit la qualité de l'étude de sécurité.

Conclusion.

Les mesures de prévention et de protection sont à prévoir en fonction des phénomènes accidentels et notamment des effets maximaux possibles et des conditions d'exploitation du système concerné.

En France et dans la Communauté Européenne, dans le cadre de l'application de la Directive Seveso, la réalisation d'une étude des dangers est exigée pour les installations fixes où sont manipulées des matières dangereuses. Ces études des dangers se pratiquent aussi pour des systèmes de transport, notamment pour les gares de triage et les tunnels (9). Une approche analogue est à faire pour la préparation et l'exécution des plans d'urgence qui requièrent en plus la définition, l'organisation, la coordination et l'information des moyens logistiques à mettre en place.

Malgré l'absence de connaissances pour certains scénarios accidentels, divers logiciels de caractérisation des effets sont proposés sur le marché et nous décrirons dans ce qui suit ce qu'il faut exiger pour s'assurer de leur validité .

VALIDATION DES LOGICIELS DE CARACTERISATION DES EFFETS D'ACCIDENTS MAJEURS

Les logiciels examinés permettent d'évaluer tout ou partie des scénarios accidentels d'incendies, d'explosion et de rejets dans l'air. Ils peuvent être spécifiquement prévus pour les études de dangers ou les interventions d'urgence. Les conclusions tirées concernent trois logiciels pour les études de danger (CHARM 6.1, PHAST 3.0 et TRACE 2.5.4) et un logiciel pour le traitement des situations d'urgence (CAMEO 3.0). Signalons que les versions mentionnées ne sont pas les dernières commercialisées à ce jour mais celles qui ont été utilisées au moment de l'évaluation. Par ailleurs, à la suite du travail de l'INERIS, des améliorations souvent importantes ont été introduites et de ce fait les conclusions peuvent être notablement changées pour ces nouvelles versions. Une étude plus détaillée sera présentée prochainement (10).

Structure des logiciels examinés

Tous ces logiciels comportent d'abord un terme source traitant d'une émission monophasique (gazeuse ou liquide) ou diphasique et prennent en compte les phénomènes d'évaporation, "flash", "rain-out", condensation, aérosols.....; l'écoulement peut considérer l'orifice en paroi, la canalisation, voire des types particuliers représentatifs de l'installation (réservoir réfrigéré, vanne de décharge...).

Ensuite, la dispersion associée est traitée en prenant en compte des rejets instantanés ou continus compte tenu de la météorologie et éventuellement de la topographie du site.

Enfin, les effets dus au caractère inflammable des mélanges formés peuvent être considérés : explosions non confinées, feu de chalumeau, feu de nappe, boule de feu, voire au caractère toxique.

Les phénomènes de BLEVE et surtout d'éclatement de réservoirs sous l'effet d'une explosion interne ne sont que rarement pris en compte et certains phénomènes tels le boil-over et le froth-over sont laissés sous silence (11).

Protocole d'évaluation des logiciels

L'évaluation a été faite dans l'optique de l'utilisateur et a pris en compte le software et les manuels de théorie et de l'utilisateur. Les étapes de l'examen ont été les suivantes: facilité d'emploi du logiciel, qualité des bases de données et évaluation des modèles employés.

Facilité d'emploi.

Les conditions d'acquisition et d'implantation, la protection du logiciel, le matériel à utiliser, la clarté des explications données dans la documentation, la facilité et la rapidité d'introduction d'un cas et de traitements en séquence ont été différents points examinés et ont montré, pour certains logiciels, l'aspect "boîte noire" et la difficulté de sorties de résultats intermédiaires. Dans un certain nombre de cas les justifications théoriques étaient assez sommaires et ne permettaient pas de définir les domaines d'utilisation des modèles.

Qualités des bases de données.

Des aspects tels que le nombre d'espèces chimiques présentes, la facilité d'obtention des propriétés thermodynamiques, la possibilité d'introduire un nouveau composé et de contrôle de la cohérence des données ont été évalués. Il a pu être montré de très grandes différences d'un logiciel à l'autre concernant la taille de ces bases de données, leur accessibilité et leur pertinence.

Evaluation des modèles employés.

Pour les différents modèles et sous-modèles, il s'agit de vérifier la cohérence physique en s'intéressant tout particulièrement aux frontières des domaines compte tenu de la nature physique du phénomène, de l'espèce chimique considérée, de la structure du logiciel et de l'articulation des différents modèles. Comme les cas de figures industriels peuvent être extrémement variés, nous avons pris uniquement en compte quelques scenarios types retenus par le Ministère de l'Environnement(9). Ceci ne permet pas l'exhaustivité de l'examen mais conduit à vérifier la cohérence de l'ensemble.

Les résultats de ces examens ont montré une très grande diversité des logiciels; certains d'entre-eux ne permettent de traiter qu'un nombre très limité de scenarios et conduisent parfois à des résultats dont la cohérence physique est douteuse ou à des surévaluations considérables d'effets.

Dans le cas du facteur source, les contributions respectives de l'évaporation, de la formation d'aérosols de même que certaines conditions de débit ne sont pas suffisamment justifiées pour permettre des calculs adaptés concernant les effets des explosions non confinées.

En ce qui concerne l'incendie, les effets purement thermiques sont calculés de manière adaptée, mais la nature des produits émis mérite une détermination avec des méthodes expérimentales indiscutables ce qui permettra ensuite de calculer les effets de toxicité sans faire d'extrapolations trop pénalisantes.

Enfin pour l'explosion, les modèles sont souvent trop sommaires en ne prenant en compte que l'équivalent T.N.T..

Pour les effets de pression, il sera indispensable de choisir des modèles adaptés de rupture des récipients et des structures pour mieux prendre en compte la projection de débris qui peut aggraver les effets de l'explosion.

BIBLIOGRAPHIE

1) Les gros sinistres industriels, Revue générale de Sécurité, 114, p.24, 1992.
2) Analyse des riques et pollutions industrielles,1992, publication du Service de l'Environnement Industriel, DPPR, Ministère de l'Environnement.
3) J.P.PINEAU, C. CWIKLINSKI, G.MARLAIR, C.MICHOT-Evaluation des produits émis lors d'incendies accidentels de substances dangereuses, ER'91 "Réponse aux accidents dus aux matières dangereuses, Calgary, Canada, 28-30 mai 1991.
4) A.C.VAN DEN BERG-The multi-energy method, a framework for cloud explosion blast prediction, Journal of hazardous materials, 12, p 1-10, (1985).
5) J.P.PINEAU, J.CHAINEAUX, Y.LEFIN, G.MAVROTHALASSITIS-Learning from critical analysis of hazard studies and from accidents in France, International conference and workshop on modeling and mitigating the consequences of accidental releases of hazardous materials, New Orleans, U.S.A, 20-24 may 1991.
6) Explosion à la raffinerie de Provence- Sécurité Civile et Industrielle, p.6-9, nov-déc.1992.
7) La Voulte échappe au pire-Sécurité Civile et Industrielle, p.12-15, mars-avril 1993.
8) J.P.PINEAU, J.CHAINEAUX- Retour d'expérience sur un accident peu commun du à la foudre, Séminaire Technique "Dixième anniversaire de la Directive Seveso", Cayenne, Guyane Française, 21-25 septembre 1992.
9) J.P.PINEAU, F.ABIVEN, F.MORIN, M.ALONSO-Analyse du rapport global de sécurité de la liaison fixe Transmanche, Séminaire ESReDA "Safety in Transport", Huddersfield, U.K., 14-15 april 1993.
10) G.MAVROTHALASSITIS, R.BOUET, B.CHHUON, J.P.PINEAU-Use of pertinent softwares in risk analysis, paper to be presented at SRA-Europe, Fourth Conference, Rome, Italy, 18-20 october 1993
11) P.MICHAELIS, G.MAVROTHALASSITIS, J.P.PINEAU, Contribution to boilover and frothover quantification, 7th International Loss Prevention Symposium, Taormina, Italy, 4-8 may 1992

MOTS CLES : ANALYSE DE DANGERS, PREPARATION A LA SITUATION D'URGENCE, INTERVENTION EN SITUATION D'URGENCE, EXPLOSION, INCENDIE, ACCIDENT, BASE DE DONNEES, LOGICIELS

KEYWORDS : SAFETY ANALYSIS, EMERGENCY PLANNING, EMERGENCY RESPONSE, EXPLOSION, FIRE, ACCIDENT, DATA BASE, SOFTWARES