



**HAL**  
open science

## Contribution à l'aide à la décision en situation de crise

Gilles Dusserre, Sophie Sauvagnargues, Aurélia Bony-Dandrieux, Jérôme Tixier, Sébastien Rault Doumax, Pierre-Alain Ayrat, Jean-Philippe Dimbour, Karin Hald, Daas Jabbour

### ► To cite this version:

Gilles Dusserre, Sophie Sauvagnargues, Aurélia Bony-Dandrieux, Jérôme Tixier, Sébastien Rault Doumax, et al.. Contribution à l'aide à la décision en situation de crise. Réalités industrielles. Annales des mines, 2003, pp.45-52. hal-02939497

**HAL Id: hal-02939497**

**<https://imt-mines-ales.hal.science/hal-02939497v1>**

Submitted on 24 May 2022

**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.

# Contribution à l'aide à la décision en situation de crise

**La gestion d'une crise liée à une catastrophe naturelle ou industrielle nécessite la mise en place préalable d'outils adaptés au problème. Le concept SARA (système d'analyse des risques accidentels en situation de crise) est basé sur l'analyse des dangers inhérents au système étudié et des conséquences d'accidents sous-jacentes ainsi que sur l'étude des barrières de protection et de la vulnérabilité des cibles situées au voisinage du système. La combinaison de ces différentes étapes doit permettre d'aboutir à une gestion intégrée des risques et une gestion optimale des situations de crise.**

**par Gilles Dusserre, Sophie Sauvagnargues Lesage, Aurélie Dandrieux, Jérôme Tixier, Sébastien Rault-Doumax, Pierre-Alain Ayral, Jean-Philippe Dimbour, Karin Hald, Daas Jabbour,**  
*Laboratoire de Génie de l'Environnement industriel, Ecole des Mines d'Alès*

**L**a société actuelle est exposée à de nombreux risques prenant des formes extrêmement variées. Généralement, il est possible de distinguer les risques majeurs, tels que les

risques industriels et naturels, des autres risques dits « diffus », tels que les risques domestiques, les risques liés aux accidents de voiture, etc. Contrairement aux risques diffus, que la société accepte parfois avec indifférence, par fatalisme ou par habitude, les risques majeurs industriels et naturels sont perçus différemment : lors de catastrophes de ce type, la société recherche de plus en plus fréquemment les responsabilités des politiques ou des industriels.

## De l'importance de la préparation à la crise

Il est donc nécessaire de mettre en place des actions efficaces de manière à limiter l'occurrence des accidents et leurs conséquences. En effet, les implications dérivant de la crise peuvent être dramatiques si les actions mises en place sont inadaptées ou ne sont pas entreprises à temps.

La crise (du grec *krisis*) signifie un tournant crucial dans le cours de toute chose, une condition instable dans laquelle un changement soudain ou décisif est imminent (Ayral, 2001). Elle peut être notamment liée à un événement majeur, imprévisible qui implique des conséquences négatives potentielles.

La crise est caractérisée par trois composantes que sont :

- le déferlement, car la crise provoque une somme de difficultés qui tend à déborder les capacités de réplique (logistique impuissante, protections illusoire, envahissement par la complexité et l'aléatoire) ;
- le dérèglement, car la crise menace le fonctionnement même des systèmes impliqués ; il y a une menace de désagrèga-

tion du système en tant qu'ensemble organisé (désengagement des structures, distension des rouages, perte des capacités d'autocorrection, manifestation des conflits latents, dissolution des alliances) ;

- la divergence sur les choix fondamentaux, car la crise ébranle les références les plus essentielles d'un système (mise en cause des valeurs et options de base, apparition de contradictions stratégiques, ambiguïté).

Une crise, tout comme un accident, est une perturbation qui affecte physiquement un système dans son ensemble, menace aussi les objectifs prioritaires d'une organisation et défie les comportements traditionnels et les valeurs partagées dans une organisation (Lagadec, 1991).

Ainsi, l'événement et ses conséquences peuvent nuire de façon significative à une organisation, ses employés, ses produits, ses services, sa condition financière, et sa réputation.

Cependant, si la survenance d'une crise est la plupart du temps imprévisible, les moyens permettant d'y répondre peu-

**Aider à la gestion de crise, c'est agir avant, pendant et après la crise**

vent être recensés et organisés en amont et des enseignements peuvent être mis

en lumière *a posteriori*. Aider à la gestion de crise, c'est agir avant, pendant et après la crise.

Pour éviter une crise, il s'agit donc de mettre en œuvre des actions permettant de prévoir et de prévenir les dysfonctionnements qui peuvent générer des accidents majeurs et de recenser les moyens adéquats permettant d'en réduire les conséquences.

Par conséquent, le positionnement de la crise est directement lié aux relations aux autres éléments du management des risques (Pénalva, 2003) que sont, d'une part, la gestion du danger et la maîtrise des risques, et d'autre part, la

gestion des crises et la gestion des situations d'urgence.

La méthode SARA (Système d'analyse des risques accidentels en situation de crise), développée par l'École des Mines d'Alès (voir la figure 1), rappelle les grandes étapes de la gestion de crise et détaille certaines actions qui peuvent être entreprises.

Les thèmes de recherche de l'équipe « Risques industriels et naturels » s'organisent ainsi autour des actions préliminaires, synchrones ou postérieures à la crise, sur les outils indispensables à une bonne gestion de crise.

Les différentes entités de cette méthode (analyses des dangers, des conséquences, des barrières de protection et de la vulnérabilité) sont abordées ici au travers d'exemples de projets développés par l'équipe « Risques industriels et naturels » du laboratoire Génie de l'environnement industriel (École des Mines d'Alès).

## L'analyse des dangers, une étape essentielle

En situation de crise, la problématique de l'urgence est étroitement liée à la difficulté à mettre en place une méthode pour évaluer les dangers. Les services de la Sécurité civile sont parfois amenés à appliquer une méthode d'analyse systémique basée sur le modèle MADS/Mosar qui détaille les interactions entre les sources de dangers, les flux de dangers et les cibles. Les méthodes d'évaluation des dangers sont généralement issues du domaine de la prévention.

Ces méthodes d'analyse et d'évaluation des dangers et des risques (Tixier, 2002a) permettent de réaliser une identification des sources de danger et d'estimer les risques associés soit de manière déterministe, soit de manière probabiliste. Au demeurant, il est particulièrement intéressant de réaliser une synthèse des méthodes d'analyse des risques pour appréhender celles qui sont transférables à la gestion de crise. Les méthodes d'analyses de risques peuvent se composer de trois phases (identification, évaluation et hiérarchisation). La phase d'identification du risque permet de décrire le système et

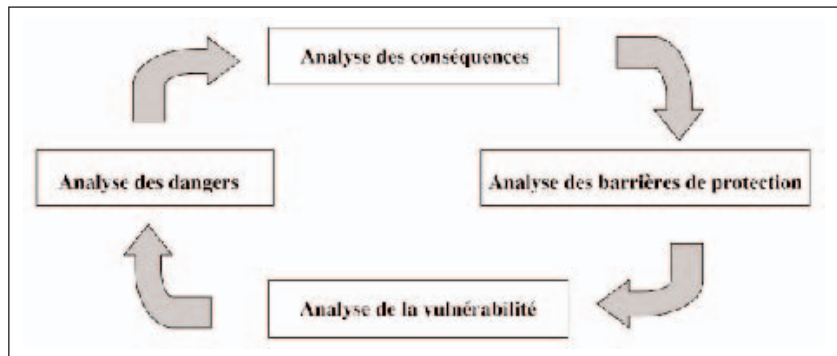


Fig. 1. - Méthode SARA.

d'identifier les séquences d'accident majeur. La phase d'évaluation du risque est qualitative ou quantitative et déterministe ou probabiliste. Enfin, la phase de hiérarchisation du risque permet, quant à elle, de classer les risques identifiés.

Certaines méthodologies (voir le tableau ci-après) sont suffisamment générales pour s'appliquer à la fois aux installations fixes, aux transports de matières dangereuses et au facteur humain, mais la profondeur de l'analyse est assez restreinte. Peu de méthodes sont transposables au domaine des risques naturels majeurs sans quelques adaptations.

En effet, le revers d'avoir une méthode transposable à plusieurs champs d'application réside dans le fait de se baser sur une approche globale qui ne permet pas de réaliser une analyse de risque détaillée de la situation.

Ces travaux sur les méthodes d'analyses des dangers et des risques permettent notamment de faire correspondre la problématique de l'étude traitée avec les méthodes d'analyses et d'évaluations des risques adaptées.

Ces analyses peuvent être complétées par une modélisation des phénomènes accidentels basée sur l'évaluation des conséquences.

En situation de crise, la phase de l'analyse en temps réel des conséquences constitue un élément majeur d'évaluation et de quantification du flux de danger.

Dans le domaine des risques naturels (Sauvagnargues-Lesage, 1998 ; Sauvagnargues-Lesage, 2001) ou industriels majeurs (Dusserre, 1997), des recherches sont conduites afin de mettre au point et valider des systèmes

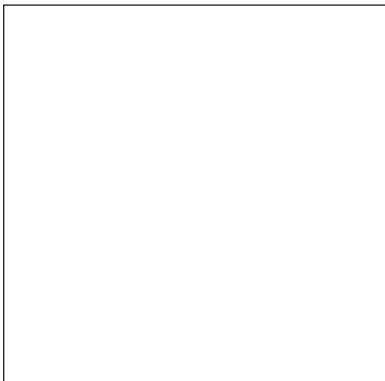
permettant, en temps réel, de modéliser les conséquences et d'estimer les dommages.

Les outils d'aide à la décision se doivent d'être simples, rapides et fiables afin de permettre à l'expert d'apporter des éléments utiles à sa réflexion. Cette aide doit s'appuyer sur une phase préalable de formation non pas seulement à l'outil mais à l'ensemble des paramètres intervenant dans la crise (gestion d'un groupe, communication de crise etc.). Deux exemples d'outil d'évaluation des conséquences sont détaillés ci-après : l'évaluation en temps réel des conséquences des inondations et l'évaluation en temps réel des conséquences lors d'accidents industriels.

## L'évaluation des conséquences des crues subites

Dans le but d'établir, en situation de crise, un outil d'aide à la décision sur les crues subites de type « cévenoles », un programme de recherche a été mis en place avec la DDE (Direction départementale de l'Équipement) du Gard (service d'annonce des crues). Ce programme de recherche vise à optimiser, entre autre, le modèle de prévision des crues en temps réel Althaïr.

Le service d'annonce des crues du Gard (SAC-30) a la charge de surveiller les principaux cours d'eau du département. Pour ce faire, il dispose d'un réseau de stations de télésurveillance implantées aux points stratégiques de ces rivières. Il est cependant difficile de surveiller l'ensemble des cours d'eau gardois qui peuvent être contributifs. De plus, pour répondre aux caractéris-



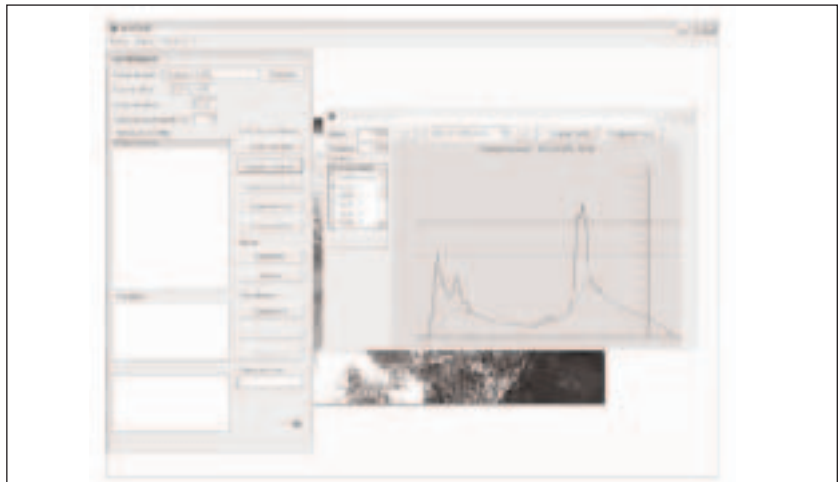
**Fig. 2. - Image radar géoréférencée donnée par CALAMAR.**

tiques d'extrême rapidité et de forte intensité de ces crues éclair, il est nécessaire de pouvoir anticiper cette annonce. C'est donc pour répondre au mieux à ces caractéristiques que le SAC-30 développe un système de prévision des crues permettant une gestion spatialisée et anticipée des événements pluvieux intenses.

Ce système de prévision des crues, actuellement en développement, reposera sur trois outils : Calamar (imagerie radar pour l'évaluation des précipitations), Hydrokit (pour le calcul des temps de transfert), ainsi que Althair (modèle de prévision pluie/débit distribué).

Développé par la société Rhea, Calamar fournit, toutes les cinq minutes, une image de la lame d'eau qui tombe sur la zone de surveillance du SAC-30. Après correction avec les données issues des pluviographes au sol, le fichier matriciel géoréférencé obtenu (voir la figure 2) fournit, pour chaque pixel de la zone d'étude (1 km<sup>2</sup>), l'intensité des précipitations.

Sous réserve d'être corrigés en temps réel à partir des mesures pluviométriques réalisées au sol, les résultats obtenus semblent permettre de considérer



**Fig. 3.- Interface d'ALTHAIR.**

que, dans sa forme actuelle, les données fournies sont suffisamment fiables pour être utilisées de façon opérationnelle comme données d'entrée dans les modèles de prévision (Bressand, 2001).

De plus, développé par la société Strategis, le logiciel Hydrokit permet de déterminer l'ensemble des bassins versants et sous bassins versants de la zone de surveillance du SAC-30. Grâce à un modèle numérique de terrain (MNT), Hydrokit génère automatiquement les temps de transfert de l'eau ruisselant sur tous les bassins versants.

Comme pour Calamar, Hydrokit génère un fichier matriciel géoréférencé qui attribue à chaque pixel (50 mètres de côté) un temps de transfert que la part de l'eau qui ruisselle sur ce pixel est sensée mettre pour arriver à un exutoire déterminé.

Enfin, Althair est un modèle de prévision pluie/débit distribué, qui intègre un module de production hortonien permettant, en tout point de la zone d'étude, de

déterminer la pluie efficace, c'est-à-dire celle qui participe directement à la crue, et un module de propagation qui transfère le ruissellement à l'exutoire selon les conditions déterminées par Hydrokit.

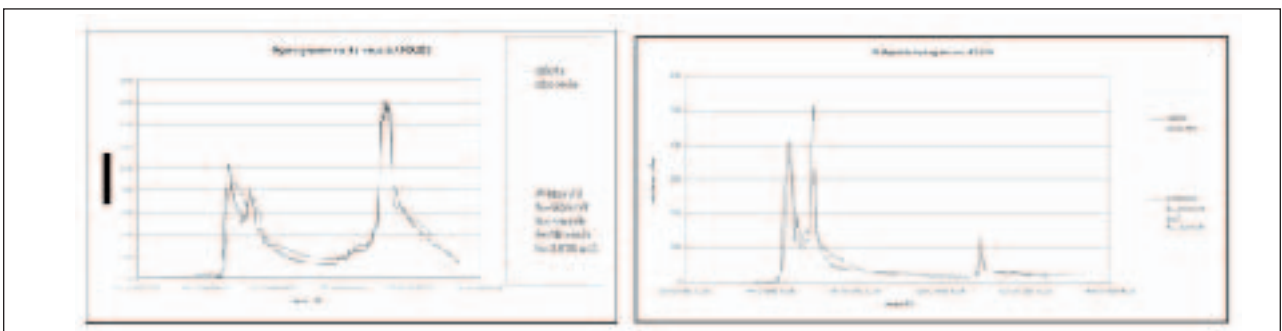
La mise en temps réel d'Althair permet la réalisation d'hydrogrammes de crue des bassins versants (prédéterminés avec Hydrokit) sous surveillance, en fonction des précipitations évaluées par Calamar. L'interface du logiciel est présentée dans la figure 3 ci-dessus. Ces hydrogrammes sont réactualisés toutes les cinq minutes.

La mise en temps réel de ce système permet d'accumuler des événements pluvio-orageux et de comparer les

débits mesurés par les limnigraphes avec les débits générés par Althair pour des exutoires connus (où une station de télé-mesure existe). L'hydrogramme de crues, présenté dans la figure 4 ci-dessous, illustre ce propos.

Si les résultats montrent une bonne synchronisation entre l'événement observé

**La qualité première du logiciel Osiris est sa simplicité d'utilisation**



**Fig. 4. - Hydrogrammes de l'événement du 3 octobre 1995 à Anduze et à Saint-Hippolyte (Bassin versant du Gardon d'Anduze et Bassin versant du Vidourle amont).**

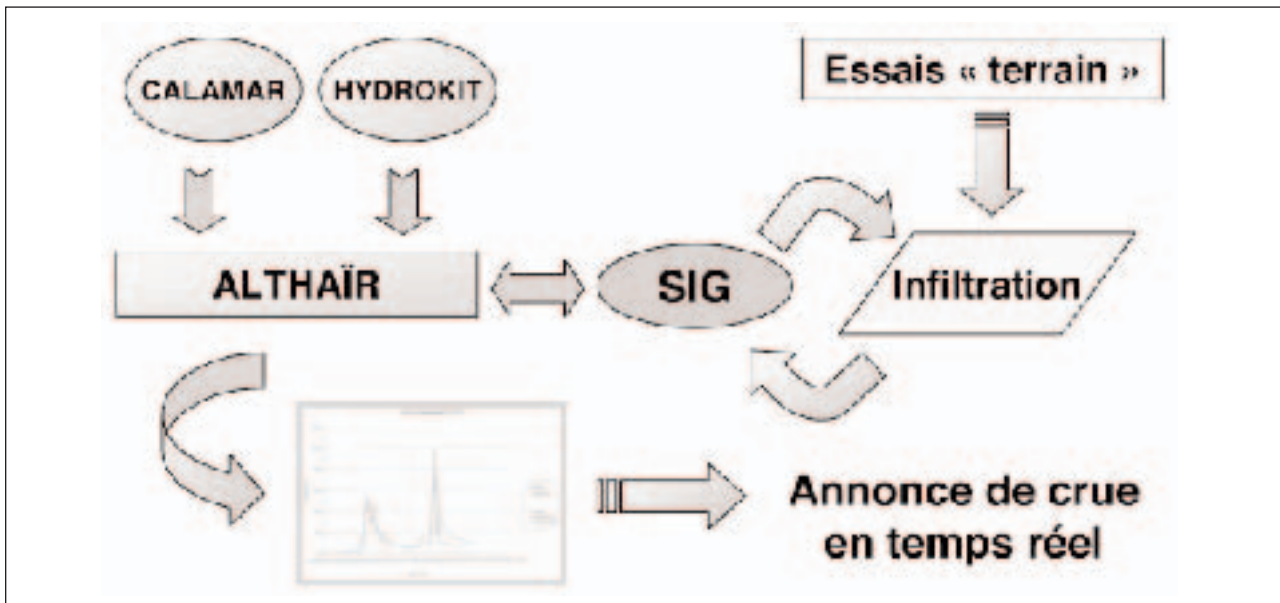


Fig. 5.- Elaboration d'une couche d'information sur la capacité d'infiltration du sol.

et l'événement simulé, ils mettent en évidence, dans certains cas, des décalages au niveau de la quantité d'eau qui participe à la crue (surestimation du débit).

Cet état de fait provient essentiellement d'un problème de calage de la loi Hortonienne sur les différents bassins versants de la zone d'étude. C'est pour parfaire ce calage, en différenciant le module de production en fonction des différents bassins versants, que la réalisation d'une couche d'information sur la capacité d'infiltration des sols lors des épisodes pluvieux majeurs est entreprise dans le Gard.

Une couche d'information géographique (Ayrat, 2002) est en cours d'élaboration, elle devra attribuer un indice d'infiltrabilité destiné à définir les différentes susceptibilités des sols à absorber l'eau lors des épisodes pluvieux majeurs (voir la figure 5). Ces indicateurs permettront au modèle de production de fonctionner de manière différenciée en fonction de la localisation des zones orageuses.

Ces travaux se concentreront, dans un premier temps, sur le bassin versant du Gardon d'Anduze. A cet effet, une étude prospective a été menée en collaboration avec le BRGM (Desprats, 2003). Les tests réalisés en parallèle avec les événements pluvio-orageux enregistrés par le système Althair permettront de suivre les avancées des travaux expérimentaux et d'analyse

spatiale (SIG) pour arriver à un calage répondant aux objectifs de prévision de crue en temps réel.

La réalisation de cette couche d'information sur l'ensemble de la zone sous surveillance du SAC-30, permettra au modèle Althair de pondérer ses analyses de production. Cette couche d'information devrait être un des derniers chaînons manquants du système de prévision des crues afin d'envisager son utilisation opérationnelle en temps réel. De manière équivalente, des outils opérationnels ont été développés pour l'évaluation des conséquences d'accidents industriels et l'aide à la décision en situation de crise.

## Les accidents de transports industriels

Les accidents de transport de matières dangereuses représentent un dixième des accidents technologiques. Mais, à la différence des installations classées pour la protection de l'environnement, les transports de marchandises dangereuses (TMD) sont une menace diffuse et aléatoire sur l'ensemble du territoire. En effet, un accident concernant une citerne de GPL peut se produire sur la quasi-totalité des réseaux de communication. De ce fait, il est clairement difficile d'exercer un contrôle de la vulnérabilité des cibles potentielles le long des voies de communication et il

tout aussi impossible de prévoir des plans particuliers d'intervention à l'instar des installations fixes. C'est pourquoi, il est important de posséder des outils qui permettent de simuler à tous moments et en toutes circonstances les conséquences d'un accident technologique lors d'un transport afin de prendre les décisions les plus appropriées et de mettre en œuvre les moyens d'intervention nécessaires.

Le logiciel Osiris, outil de simulation des risques (Tixier, 2002b), s'inscrit tout d'abord dans une démarche pédagogique qui vise à familiariser les acteurs de la crise (sapeurs-pompiers, service de sécurité, industriels, administrations, etc.) avec les accidents majeurs du point de vue de leurs caractéristiques et de leurs conséquences sur des cibles aussi bien humaines que matérielles. D'autre part, ce logiciel a la fonction d'outil informatique d'aide à la décision en situation de crise lors d'un accident de transport de matière dangereuse. Cela signifie que sur les lieux d'un sinistre, les décideurs ont en leur possession un outil performant, rapide et complet, pour appréhender, anticiper et dimensionner l'évolution et les conséquences d'une situation accidentelle sur l'environnement.

Dans le domaine de la gestion de crise, une étude a montré qu'un faible nombre de logiciels permet d'apporter une aide efficace, rapide et complète (Tixier, 2002b). En effet, la plupart des

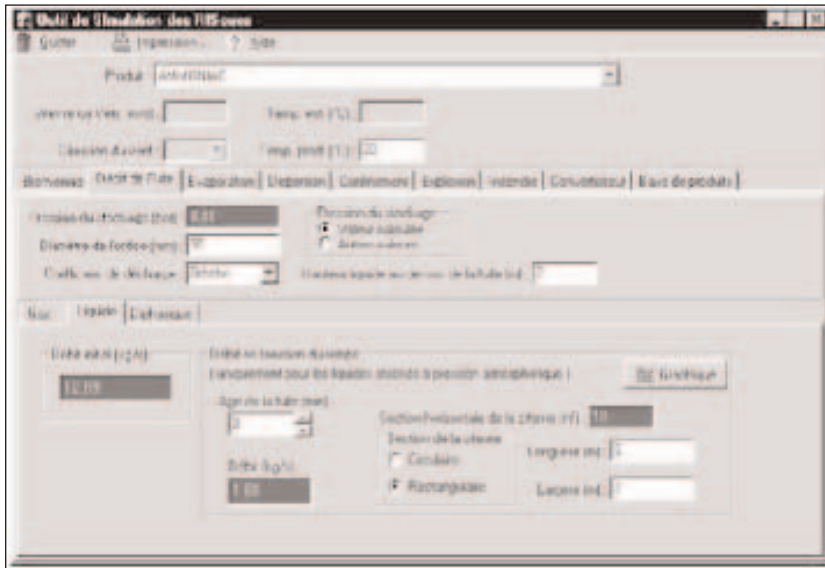


Fig. 6.- Saisie d'écran du module Débit de fuite d'OSIRIS.

logiciels ne modélise qu'une seule catégorie d'accidents technologiques. Osiris, en revanche, permet de simuler les principaux types d'accidents majeurs : explosions, dispersion atmosphérique, incendie et fuites de substances dangereuses. Il propose, en outre, un ensemble d'outils annexes (convertisseur d'unités, base de produits, moteur de recherche, etc.) répondant à un certain nombre de questions banales en temps normal, mais qui se révèlent délicates en situation de crise. La qualité première du logiciel Osiris est sa simplicité d'utilisation. Les informations nécessaires au traitement du sinistre (météorologie, produit, dimension, quantités...) ont été réduites au strict minimum. Le deuxième point fort est sa capacité à donner une réponse rapide et opérationnelle.

Les différents modules du logiciel, dont les modèles sont issus de la littérature, permettent de traiter la chronologie et les conséquences des principaux types d'accidents technologiques relatifs aux transports de matière dangereuse que sont :

- la dispersion de gaz toxiques (rejet instantané, rejet continu d'un nuage de gaz) ;
- les explosions du type Bleve et UVCE ;
- l'incendie de bacs d'hydrocarbures.

Les figures 6 et 7 présentent deux captures d'écran du logiciel où une simulation de fuite liquide provoquée par une brèche sur un stockage contenant de l'ammoniac liquéfié sous pression ainsi

qu'une simulation de dispersion d'un nuage d'ammoniac sont réalisées. Le logiciel Osiris est également couplé à un SIG permettant notamment la gestion des effets domino (Tixier, 2002c). D'une manière générale, les logiciels d'aide à la décision n'apportent que quelques éléments dans une appréciation complète du risque pour un accident considéré. Leur objectif est de fournir au décideur un ensemble d'éléments qui lui permettront de mieux affiner son jugement. Par ailleurs, les modèles de simulation sont utilisables dans des domaines d'application pour lesquels ils ont été conçus et, de fait, il convient d'être extrêmement prudent dans leur utilisation et l'interprétation des résultats fournis.



Fig. 7.- Saisie d'écran du module Débit de fuite et Dispersion d'OSIRIS.

Ainsi, leur utilisation requiert une formation aux risques technologiques de façon à exploiter avec expertise les résultats issus des simulations.

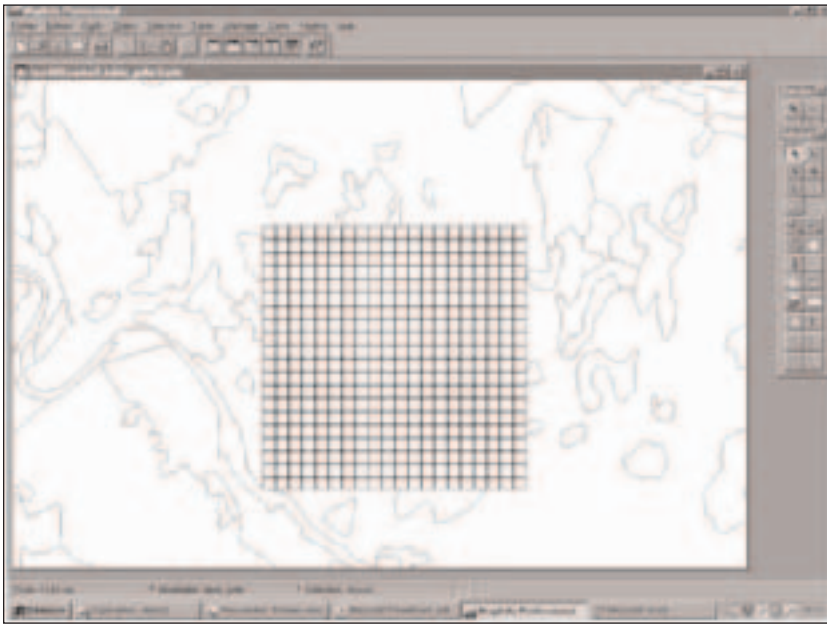
Pour compléter la démarche proposée dans SARA, il est nécessaire de s'intéresser notamment aux barrières de protection qui peuvent être mises en place pour limiter la propagation de phénomènes dangereux tels les dispersions de gaz toxiques.

## Les barrières de protection, des outils indispensables

En cas d'accidents technologiques majeurs ou en cas de feux de forêts, par exemple, lorsque la crise est survenue, une série d'actions est réalisée par les industriels ou par les services de la Sécurité civile. Ces opérations ont pour but de limiter les conséquences spatiales, temporelles, financières, sociales, et environnementales de la crise.

Les barrières de protection peuvent être installées à titre préventif (sur site industriel fixe, par exemple) ou peuvent être directement mises en place lors du sinistre (par exemple, en cas d'accidents de transport de matières dangereuses).

Les barrières de protection ont une action généralement limitée dans le temps ou l'espace et se doivent d'être suffisamment adaptables et robustes.



**Fig. 8.- Exemple d'interface avec le module d'analyse de la vulnérabilité ; couche d'information spécifique à la vulnérabilité environnementale.**

Pour la mitigation de la dispersion des gaz toxiques dans l'environnement, les rideaux d'eau sont des moyens qui s'avèrent être efficaces et robustes.

Il existe plusieurs types de rideaux d'eau, tels que les rideaux d'eau fixes descendants, les rideaux d'eau fixes ascendants et, enfin, les rideaux d'eau mobiles.

Les sapeurs-pompiers utilisent des dispositifs mobiles appelés queues de paon. La mise en place de rideaux d'eau autour de la fuite, à partir de queues de paon, permet de diluer le polluant à l'air ambiant et d'élever le nuage à une certaine hauteur afin de protéger les intervenants et l'environnement proche par création d'un courant ascensionnel.

Pour étudier l'influence des barrières de protection, une série de recherches sont engagées. Elles conduisent à une approche d'une part expérimentale et d'autre part théorique par la modélisation de l'influence des rideaux d'eau. Un code semi-empirique a été mis au point (Dandrieux, 2002). Il permet de connaître les concentrations au sein du nuage toxique en aval du rideau d'eau, en tenant compte de la nature du gaz, du débit initial en gaz, de la nature et la configuration du rideau d'eau (distance à la source, débit d'eau etc...) et, enfin, des conditions météorologiques (température, vitesse et direction du vent, stabilité atmosphérique etc).

Grâce à l'étude des barrières de protection, l'environnement est pris en compte comme milieu de propagation, mais il est également important de le considérer comme récepteur des effets des accidents. Pour cela, il est nécessaire de développer une démarche systématique pour la prise en compte des cibles exposées aux risques majeurs. Une solution consiste à caractériser ces dernières grâce à la notion de vulnérabilité.

### **L'analyse de la vulnérabilité : essentielle mais trop souvent oubliée**

Prévoir les risques que peut encourir une zone et déterminer les mesures appropriées constituent un axe de recherche visant à limiter les conséquences humaines, économiques, et environnementales de catastrophes ou de grands sinistres. Cette partie de notre recherche a pour but de mettre au point une méthodologie afin d'établir une carte de vulnérabilité, pour des zones avoisinant un parcours autoroutier, lors d'accidents durant le transport de matières dangereuses ou pour des zones voisines des sites industriels fixes (Tixier, 2002d). Pour ce dernier champ

d'application, cette étude a été menée en collaboration avec l'Ineris.

En fait, cette cartographie qui peut être considérée comme un outil d'aide à la gestion de crise, permettra d'aider l'intervention dans le cas d'une situation d'urgence exceptionnelle, tel un accident de transport de matières dangereuses sur l'autoroute.

Pour établir la vulnérabilité en tous points de la zone d'étude, il est nécessaire de procéder à une dichotomie des cibles (humaines, matérielles et environnementales), et de classer leur vulnérabilité en fonction des effets des accidents et de leurs impacts potentiels pour aboutir à trois cartes de vulnérabilité. Pour ce faire, une méthode de hiérarchisation multicritères a été utilisée, la méthode de Saaty. Celle-ci donne des facteurs de pondération permettant de hiérarchiser des priorités en fonction d'un objectif, en utilisant des critères de choix.

Pour distinguer la vulnérabilité d'une zone par rapport à une autre, les facteurs de pondération obtenus ont été corrigés par d'autres paramètres (par exemple, un indicateur de position géographique par rapport à l'autoroute, et un facteur de quantification pour les cibles humaines). Pour réaliser la carte de vulnérabilité, un maillage de surfaces élémentaires a été défini, sur lequel un algorithme de calcul est appliqué, comprenant les facteurs précisés auparavant.

Les cartes obtenues en appliquant la méthodologie construite et l'algorithme de calcul donnent un score pour chaque parcelle élémentaire. La vulnérabilité de chaque parcelle se déduit en déterminant une échelle de scores pour chaque classe de cibles, qui conduit à une échelle de vulnérabilité étalonnée sur cinq niveaux. L'ensemble de la méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité a été implémenté sous un système d'information géographique afin de la rendre opérationnelle.

L'exemple d'interface présentée sur la figure 8 correspond à l'interface du SIG Map Info auquel a été ajouté un module dédié à l'analyse de la vulnérabilité d'une zone géographique. La couche de données utilisée est issue de la base de données cartographiques Corine Land Cover qui représente l'occupation du sol

## Méthodes d'analyse de risques pour les sites industriels, le transport de matières dangereuses et le facteur humain

	Méthodes	
Site industriel	Accident Hazard Index AHI	Method Organised Systematic Analysis of Risk MOSAR
	Accident Sequences Precursor ASP	Methodology of domino effects analysis
	SEVESO II Directive	Methods of potential risk determination and evaluation
	AVRIM2	Mond Fire Explosion and Toxicity Index FETI
	Checklist	Optimal Hazard and Operability OptHAZOP
	Chemical Runaway Reaction Hazard Index RRHI	Optimal Risk Assessment ORA
	Concept Hazard Analysis CHA	Plant Level Safety Analysis PLSA
	Concept Safety Review CSR	Potential domino effects identification
	Defi method	Preliminary Risks Analysis PRA
	Delphi Technique	Probabilistic Safety Analysis PSA
	Dow's Chemical Exposure Index CEI	Profile Deviation Analysis PDA
	Dow's Fire and Explosion Index FEI	Quantitative Risk Assessment QRA
	Earthquake safety of structures and installations in chemical industries	Rapid Ranking RR
	Event Tree Analysis ETA	Rapid Risk Analysis Based Design RRABD
	Facility Risk Review	Reliability Block Diagram RBD
	Failure Mode Effect Analysis FMEA	Risk Level Indicators RLI
	Failure Mode Effect Criticality Analysis FMECA	SAATY methodology
	Fault Tree Analysis FTA	Safety Analysis SA
	Fire and Explosion Damage Index FEDI	Safety Culture Hazard and Operability SCHAZOP
	Goal Oriented Failure Analysis GOFA	Safety related questions for computer controlled plants
	Hazard and Operability HAZOP	Seqhaz Hazard Mapping SHM
	Hazard Identification and Ranking HIRA	Short Cut Risk Assessment SCRA
IDEF3	Sneak Analysis	
Instantaneous fractional loss index IFAL	Structural Reliability Analysis SRA	
Insurers involvement in risk reduction process	Toxic Damage Index TDI	
International Study Group on Risk Analysis ISGRA	What if? Analysis	
Maintenance Analysis MA	World Health Organisation WHO	
Maximum Credible Accident Analysis MCAA		
Transport	Checklist	Hazard and Operability HAZOP
	Event Tree Analysis ETA	IPO Risiko Berekening Methodiek IPORBM
	Failure Mode Effect Analysis FMEA	Quantitative Risk Assessment QRA
	Fault Tree Analysis FTA	What if? Analysis
Humain	Action Errors Analysis AEA	Safety Culture Hazard and Operability SCHAZOP
	Human Hazard and Operability HumanHAZOP	Task Analysis TA
	Manager	Work Process Analysis Model WPAM
	Process Risk Management Audit PRIMA	

par la végétation et, donc, caractérise les cibles environnementales. Sur cette couche, une grille ou zone d'étude carrée de vingt kilomètres de côté a été tracée. Le processus de calcul évalue la vulnérabilité environnementale (couche thématique) en tenant compte de l'ensemble des effets physiques (surpression, flux thermique, toxicité et pollution) générés par les accidents majeurs.

A titre d'exemple, la carte de vulnérabilité environnementale face à un flux thermique est présentée sur la figure 9, ci-après.

Ces travaux sur la vulnérabilité permettent notamment une prise en compte de manière systématique de l'environnement, que cela soit pour la gestion de l'occupation des sols autour des sites

industriels à hauts risques ou que cela soit pour la répartition spatiale des moyens de secours lors d'une crise accidentelle majeure.

### SARA : vers une méthodologie opérationnelle pour la gestion de crise

Ainsi, la gestion de crise est un des processus de la gestion des risques industriels. Le concept SARA (système d'analyse des risques accidentels) décrit en quatre composantes la gestion de crise :

- analyse des dangers ;

- analyse des conséquences ;
- analyse des barrières de protection ;
- analyse de la vulnérabilité.

Au travers de cette approche, une identification, une évaluation qualitative ou quantitative des risques et une hiérarchisation de la vulnérabilité peuvent être effectuées.

L'objectif général de la recherche est le développement d'outils et de méthodes d'évaluation du niveau de risque d'une situation accidentelle en tenant compte à la fois des spécificités du site et de son environnement.

Dans un premier temps, une analyse des dangers est effectuée pour identifier les situations à risques.

Dans une deuxième approche, la modélisation des conséquences est



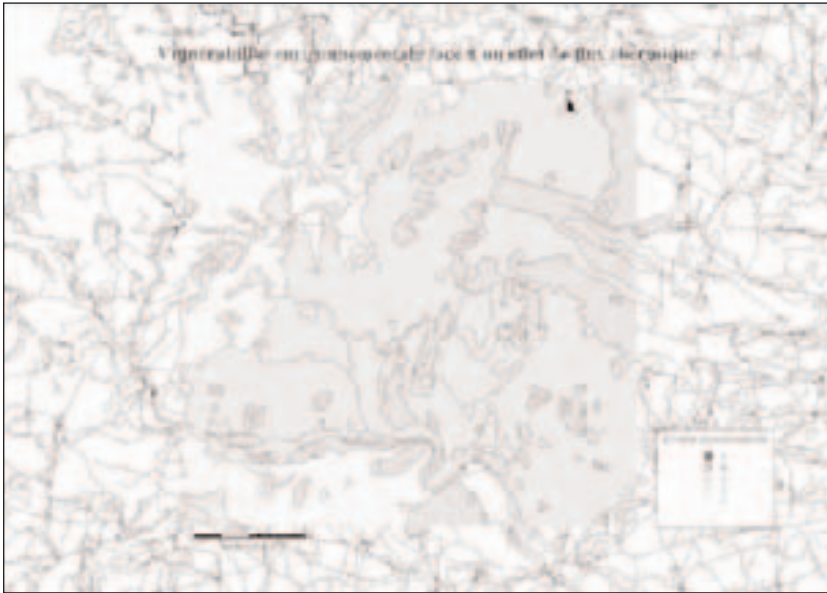


Fig. 9. - Carte de la vulnérabilité environnementale face à un effet de flux thermique.

proposée au moyen d'outils de modélisation (dont la validation expérimentale doit être réalisée pour garantir un niveau de fiabilité des informations).

La troisième partie porte sur l'évaluation de la capacité des barrières de protection à limiter ces conséquences. Dans le domaine des risques naturels ou des risques technologiques, elles permettent de limiter l'impact des accidents majeurs.

Enfin, une partie de nos travaux consiste à mettre au point et utiliser une cartographie de la vulnérabilité de l'environnement (cibles humaines, environnementales et matérielles) face aux accidents majeurs.

Elle est le dernier maillon de la démarche pour qualifier et quantifier l'exposition des cibles. Au demeurant, cette approche doit être intégrée au préalable dans un projet global d'anticipation des crises afin de disposer des informations brutes.

De plus, sans une formation adaptée des acteurs de la gestion de crise telle que des exercices cadre (simulation de crise) l'utilisation d'outil est vaine. Cette formation est une obligation et les conclusions doivent être intégrées dans une volonté d'amélioration. La connaissance du facteur humain doit aussi être prise en compte dans l'apprentissage à la gestion de crise.

L'association de l'ensemble de ces démarches (analyse de dangers, évaluation des conséquences, barrières de protection, analyse de la vulnérabilité) permettra alors d'aboutir à une gestion intégrée des risques ayant pour objectif une gestion optimale des situations de crise. ●

## BIBLIOGRAPHIE

Ayral P.A., Griot C., (2001), « Document préparatoire au colloque international : DIRE LE RISQUE : le risque en examen » sous l'égide du Conseil de l'Europe, Mèze, 18-20 mai, 83p.

Ayral P.A., Sauvagnargues-Lesage S., Bressand F., (2002), « Vers un système de prévision des crues en temps réel dans le Gard ». Colloque les inondations en France, Agropolis Montpellier, 6 p.

Bressand F., (2001), « Le projet ALTHAIR du service d'annonce des crues », Atelier «Utilisation des radars météorologiques pour l'annonce des crues et la gestion des réseaux d'assainissement», Toulouse, Météopole, 15 et 16 mars 2001, 10 p.

Dandrieux A., (1999), «Etude expérimentale de l'efficacité des rideaux d'eau mobiles face à un rejet de gaz lourd (ammoniac, chlore) – contribution à la modélisation de l'influence des rideaux d'eau», Thèse d'Université, Aix Marseille I, 291p.

Dandrieux A., Rault-Doumax S., Tixier J., Dimbour J.P., Dusserre G., (2002) « MIWAC: Model for the Influence of WATER Curtains on a heavy gas dispersion », Proceedings of the European conference on Safety and Reliability, ESREL 2002- Lyon / France / 19-21 mars, vol 2, pp 698-701.

Desprats J.F., Pinel D., Ayral P.A., Sauvagnargues-Lesage S., Bressand F., (2003), «Cartographie du potentiel d'infiltration des sols du Bassin Versant du Gardon d'Anduze comme élément d'amélioration élémentaire du modèle de prévision de crue du Gard», Conférences SIRNAT - Forum JPRN, Les journées pour la prévention des risques naturels, Orléans, 29-30 janvier 2003, 6p.

Dusserre G., (1997), « Contribution à la gestion des interventions lors d'accidents de transport de matières dangereuses », Thèse de l'Université d'Aix-Marseille – Chimie de l'environnement et santé – L.G.E.I., Ecole des Mines d'Alès, 168p.

Lagadec P., (1991), La gestion des crises Edition Mc Graw – Hill.

Penalva J.-M., (2002) Rapport de recherche RR/03/G1/00, Ecole des Mines d'Alès.

Sauvagnargues-Lesage S., (1998) « Contribution à la mise en œuvre d'un Système d'Information Géographique appliqué à la Sécurité Civile pour la prévention et la lutte contre les feux de forêts ». Thèse d'Université, Aix-Marseille I, L.G.E.I., Ecole des Mines d'Alès.

Sauvagnargues-Lesage S., L'héritier B. et al., (2001), "Implementation of a GIS application for French fire-fighters in the Mediterranean area" – Computers, Environment and Urban Systems, 2001: 25, 307-318.

Tixier J., Rault-Doumax S., Dandrieux A., Dimbour J.P., Dusserre G., (2001), « La gestion de crise », Colloque Jacques Cartier « Risques Industriels et risques urbains : Vers une même approche », communication affichée, réseau ARI (analyse du risque industriel), Lyon.

Tixier J., Dusserre G., Salvi O., Gaston D., (2002a), "Review of sixty-two risk analysis methodologies of industrial plants", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, vol 15, n°4, pp 291-303.

Tixier J., Dusserre G., Rault-Doumax S., Ollivier J., Bourelly C., (2002b), "ORISIS: Software for the consequence evaluation of transportation of dangerous goods accidents", Environmental modelling & software, vol 17, n°7, pp 627-637.

Tixier J., Rault-Doumax S., Dandrieux A., Dimbour J.P., Dusserre G., (2002c), « GeOsis: Domino effects software », Proceedings of the European conference on Safety and Reliability, ESREL 2002- Lyon / France / 19-21 mars, vol 1, pp 293-296.

Tixier J., (2002d), "Méthodologie d'évaluation du niveau de risque d'un site industriel de type Seveso, basée sur la gravité des accidents majeurs et la vulnérabilité de l'environnement", Thèse d'Université, Aix Marseille I, Chimie de l'environnement et santé – L.G.E.I., Ecole des Mines d'Alès, 259p.