



**HAL**  
open science

## Phénomènes naturels, prévenir les accidents majeurs

Agnès Vallee, Mathieu Reimeringer, Christophe Duval

► **To cite this version:**

Agnès Vallee, Mathieu Reimeringer, Christophe Duval. Phénomènes naturels, prévenir les accidents majeurs. Rapport Scientifique INERIS, 2011, 2010-2011, pp.78-80. ineris-01869396

**HAL Id: ineris-01869396**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869396>**

Submitted on 6 Sep 2018

**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.



## Contributeurs



Agnès  
Vallée



Mathieu  
Reimeringer



Christophe  
Duval

# Phénomènes naturels, prévenir les accidents majeurs

## Références

[1] Campedel M., *Analysis of major industrial accidents triggered by natural events reported in the principal available chemical accident databases*, JRC, EUR 23391 EN – 2008.

[2] Cozzani V., Campedel M., Renni E., Krausmann E., *Industrial accidents triggered by flood events: Analysis of past accidents*, J. Hazard. Mater. 175 (2010), pp. 501-509.

[3] Renni E., Krausmann E., Cozzani V., *Industrial accidents triggered by lightning*, J. Hazard. Mater. 184 (2010), pp. 42-48.

[4] Affeltranger B., *Séisme de Wenchuan (Chine) du 12 mai 2008 – Impact sur les installations industrielles – Rapport de mission (9-19 novembre 2008)*, Programme 189 APSYRIS, 2010.

[5] Krausmann E., Cruz A.M., Affeltranger B., *The impact of the 12 May 2008 Wenchuan earthquake on industrial facilities*, J. Loss Prev. 23 (2010), pp. 242-248.

[6] Krausmann E., Salzano E., Rota R., Busini V., Derudi M., Masi M., Marzo E., Moscatelli D., Nano G., Cozzani V., Spadoni G., Antonioni G., Bonvicini S., Stramigioli C., Santarelli F., Aneziri O., Vallée A., Affeltranger B., Duval C., Gruet P., Reimeringer M., *Handbook of good practices for the mitigation of Natech issues*, ERRA Natech, Projet européen iNTeg-Risk, 7<sup>e</sup> PCRD, 2010.

[7] Affeltranger B., *Sites industriels inondables : de la vulnérabilité à l'alerte*, Programme 189 APSYRIS, 2009.

**T**empêtes, inondations, séismes, mouvements de terrain, foudre... sont des phénomènes naturels dont les conséquences peuvent être désastreuses pour les populations comme pour les acteurs de la vie économique. Les récents événements survenus en France ou à l'étranger, en 2010 (tempête Xynthia et inondations dans le Var) ou en 2011 (séisme et tsunami au Japon) en constituent la terrible démonstration. Compte tenu des évolutions liées au changement climatique et aux évolutions démographiques et économiques des pays potentiellement touchés, il est fort probable que ces catastrophes soient de plus en plus fréquentes et de plus en plus dévastatrices pour des sociétés dont l'aversion au risque est croissante.

Pour les acteurs économiques impactés tels que les installations industrielles à risques, ces événements naturels peuvent être à l'origine d'accidents technologiques, aussi appelés accidents « Natech ». L'analyse des accidents passés en témoigne : dommages subis par la raffinerie de Tüpras en Turquie (séisme en août 1999), destructions occasionnées aux industries côtières et *offshore* du Golfe du Mexique (cyclone de Katrina, août 2005), inondation de sites industriels (France, septembre 2002), séisme de Wenchuan (Chine, mai 2008)...

Ces événements Natech, peu connus et mal traités jusqu'à présent, ont la particularité d'être à la croisée de plusieurs disciplines (risques naturels, risques technologiques, génie civil...) et se caractérisent par d'importants dégâts simultanés sur les sites industriels, dans un environne-

ment externe également très perturbé (difficulté d'accès, perte d'alimentation électrique générale...). Cette situation rend difficile la mise en œuvre des barrières classiques de prévention, de limitation et d'intervention.

L'INERIS a pris toute la mesure de cette problématique depuis déjà une dizaine d'années. C'est maintenant un acteur identifié pour cette thématique Natech, sur la scène nationale et européenne. Pour répondre aux questions posées quant à la gestion des Natech, en particulier ceux engendrés par un séisme ou une inondation, les réflexions engagées par l'INERIS, dans le cadre du programme APSYRIS et du projet européen iNTeg-Risk, ont porté sur :

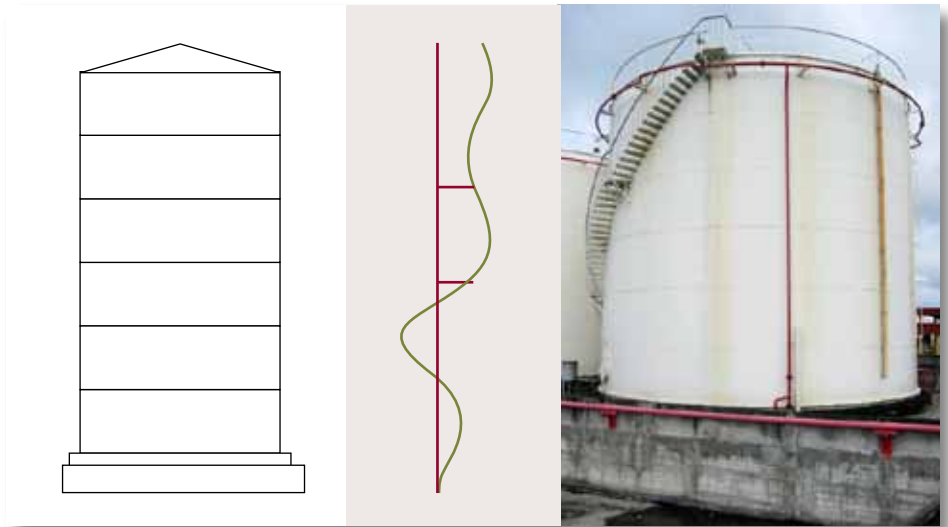
- l'amélioration de nos connaissances sur les accidents Natech en exploitant le retour d'expérience,
- la compréhension et la modélisation du comportement des structures industrielles soumises à un aléa sismique;
- le développement d'une méthode d'analyse du risque;
- la mise en place d'une méthode d'élaboration d'un système d'alerte pour les sites industriels en zone inondable.

## Retour d'expérience

La démarche de retour d'expérience est essentielle à l'amélioration de la maîtrise des risques Natech. Elle permet de comprendre les dynamiques accidentelles dans leurs dimensions techniques et organisationnelles, de vérifier la pertinence des séquences accidentelles établies lors de l'analyse de risques et de valider les

**Figure 1**

Installations industrielles détruites par le séisme de la province du Sichuan, en Chine, en mai 2008.

**Figure 2**

Modèle de réservoir soumis à une sollicitation sismique.

hypothèses ou les résultats de modélisation, relatifs à la réponse des structures.

Le travail a consisté, en collaboration avec le *Joint Research Center* (JRC) et l'université de Bologne, à établir un inventaire des accidents Natech survenus dans le monde, à partir de la littérature et des bases de données existantes (ARIA, MHIDAS, MARS, TAD, FACTS, US NRC) et à les analyser pour en dégager les équipements les plus vulnérables, les dommages observés et les substances impliquées [1, 2, 3].

Le retour d'expérience de terrain de l'INERIS est venu compléter cette analyse. L'INERIS avait ainsi participé, en 1999 en Turquie, à la mission post-sismique de l'Association française de génie parasismique (AFPS), et au retour d'expérience sur l'impact des inondations du sud-est (septembre 2002) sur les activités présentant un risque technologique. L'INERIS et le JRC ont réalisé en 2008 une mission en Chine après le séisme de Wenchuan, survenu le 12 mai 2008, pour observer le comportement de certaines installations industrielles à la sollicitation sismique [figure 1] [4, 5].

### Comportement des structures industrielles soumises à un aléa sismique

L'INERIS a développé son activité d'expertise dans le domaine de la réponse dynamique des réservoirs industriels aux sollicitations sismiques.

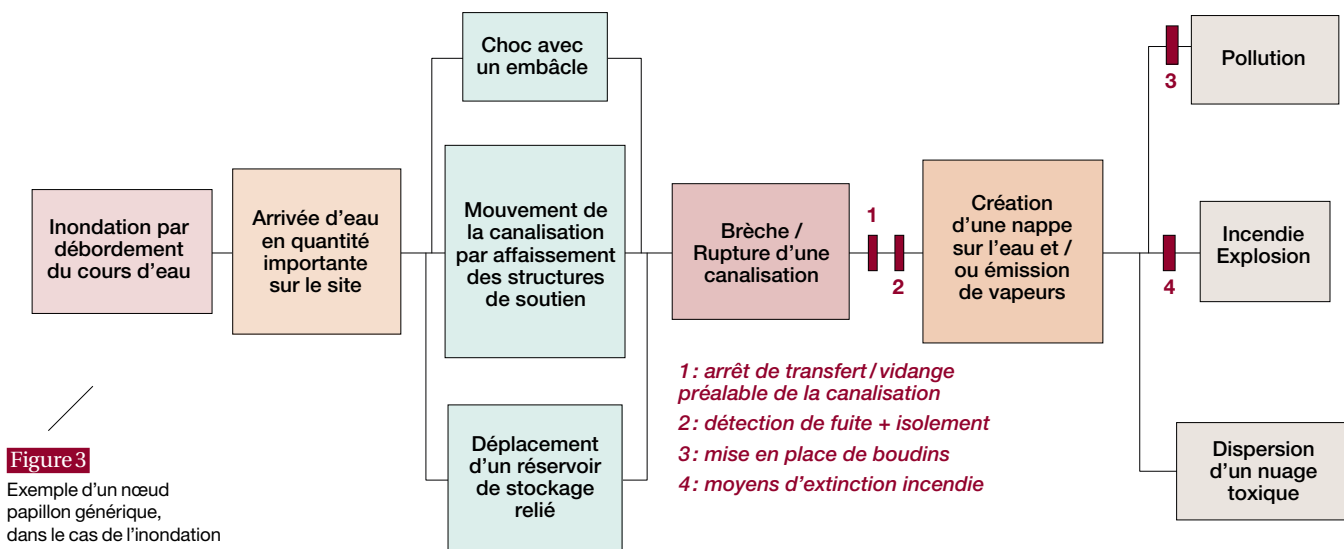
Le calcul des réservoirs est réalisé en trois étapes [figure 2]:

- une analyse modale où sont combinés les modes de poutres représentant le comportement global de la virole, un mode de liquide fixe solidaire du réservoir (fréquence impulsive) et un mode de liquide ballotant;
- le calcul des pressions exercées sur les parois ainsi que les efforts de cisaillement et de flexion en pied et sur les fondations;
- le calcul des critères de flambage élasto-plastique et la hauteur de vague. →

## ABSTRACT

Interaction between natural (earthquake, flooding, lightning, storm, forest fire...) and technological hazards within industrial plants could have disastrous consequences on installations containing hazardous substances, electrical systems...

In this context, INERIS has worked to improve Natech accidents knowledge and prevention in the framework of APSYRIS and INteg-Risk projects, with the Joint Research Center (JRC) and the University of Bologna as partners. The main results are as following: a detailed analysis of past Natech accidents, a model of dynamic equipment response to earthquake, a consolidated methodology combining a quantitative risk assessment approach (QRA) and the bow tie method for piping, atmospheric and pressurised vessels, recommendations for the establishment of an early warning system for industrial plants in flooding areas. Considering the recently growing importance of Natech aspects, INERIS must continue to provide its expertise. Behaviour to earthquake of specific equipments (valves, sensors, cables...), development of models to predict behaviour of equipments in case of flooding, analysis of power supply networks vulnerability, making emergency plans more robust in relation to Natech risk, taking into account several natural hazards occurring simultaneously (earthquake and flooding, drought and forest fires...)... could be the research direction followed by INERIS in the coming years.



### → Méthode d'analyse du risque Natech

Des nœuds papillons génériques, représentant les séquences accidentelles Natech, ont été construits (figure 3) pour aider les exploitants à intégrer les risques naturels dans leur démarche de prévention des accidents majeurs. Les dispositions techniques et/ou humaines qu'un industriel peut mettre en place pour réduire sa vulnérabilité au séisme et à l'inondation (prévention, limitation, protection) ont été répertoriées et examinées pour en déterminer la fonction de sécurité associée et les critères à considérer pour l'évaluation de leur performance.

De plus, dans le cadre du projet européen iNTeg-Risk, une méthode consolidée, alliant d'une part une approche quantitative des risques (QRA) (université de Bologne) et d'autre part une approche par nœud papillon (INERIS) utilisée usuellement en France, a été développée pour les réservoirs atmosphériques et sous pression et les tuyauteries [6]. Cette méthode permet, en particulier, de :

- décrire les séquences accidentelles possibles;
- réaliser une évaluation simple de la résistance des équipements concernés (utilisation de courbes de fragilité);
- conduire, si nécessaire, une analyse plus détaillée de réponse dynamique pour les équipements les plus critiques;
- tenir compte de la présence et de la mise en œuvre de barrières de sécurité, pour finalement se positionner sur l'acceptabilité du risque de l'établissement indus-

triel, à l'aide d'outils tels que la matrice de criticité gravité/probabilité ou les courbes iso-risques.

### Élaboration d'un système d'alerte

Pour les installations industrielles situées en zone inondable, un système d'annonce de crue et une alerte efficace peuvent contribuer à une meilleure réponse opérationnelle des industriels, des collectivités locales et des services de secours. L'INERIS a ainsi été amené à proposer des orientations pratiques utiles à l'évaluation, l'amélioration ou à la conception d'un système d'alerte [7]. La définition d'une stratégie d'alerte appropriée requiert, en effet, l'analyse de la vulnérabilité industrielle en cas d'inondation, l'identification des besoins opérationnels en cas de montée de l'eau et la compréhension des attitudes et des comportements face au danger. Au-delà de ces aspects techniques et organisationnels, le mécanisme d'alerte doit être considéré comme un processus où l'implication des usagers de ce système d'alerte est primordiale (conception participative, facilitation à l'appropriation de l'outil, organisation de tests...).

### CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus par l'INERIS ont permis, à ce jour, d'améliorer la connaissance des accidents Natech et d'établir des méthodes/outils pour aider à une meilleure intégration des risques naturels. Il a été constaté que l'intérêt pour cette thématique Natech va croissant depuis peu. Pour preuves, on peut citer les interactions risques naturels/risques technolo-

giques qui sont les sujets phares de certains colloques nationaux et internationaux organisés récemment (RACR en 2009, Mulhouse en 2010...), la création d'un groupe de travail OCDE en 2009.

Dans ce contexte, l'INERIS se doit de continuer ses travaux. La réflexion engagée sur le comportement au séisme pourrait être étendue à d'autres équipements plus spécifiques comme les vannes, les capteurs, les automates et les câbles de transmission... Il est prévu de réaliser le même type d'analyse pour les équipements soumis à l'action de l'eau. Il est également nécessaire de s'interroger sur la vulnérabilité des réseaux (électricité, gaz naturel, eau, télécommunications...) et de proposer des solutions palliatives. L'INERIS pourra aussi définir des améliorations pour rendre plus robustes les plans d'urgence à l'égard du risque Natech. La démarche d'évaluation des risques, construite sur le principe d'un seul aléa naturel considéré comme agresseur, sera testée et adaptée au besoin dans le cas de plusieurs aléas naturels simultanés (séisme et inondation, sécheresse et feu de forêt...).