

## Prise en compte de la probabilité dans les études de dangers

Valérie DE DIANOUS, [valerie.dedianous@ineris.fr](mailto:valerie.dedianous@ineris.fr) ; Cécile DEUST, [cecile.deust@ineris.fr](mailto:cecile.deust@ineris.fr) ,  
Charlotte BOUISSOU, [charlotte.bouissou@ineris.fr](mailto:charlotte.bouissou@ineris.fr) , Régis FARRET, [regis.farret@ineris.fr](mailto:regis.farret@ineris.fr) ;  
Sylvain CHAUMETTE, [sylvain.chaumette@ineris.fr](mailto:sylvain.chaumette@ineris.fr)

Ingénieurs à la Direction des Risques Accidentels, INERIS,  
Parc Technologique Alata, F-60 550 Verneuil en Halatte, France

Les évolutions réglementaires récentes imposent l'évaluation des probabilités d'occurrence des accidents dans les études de dangers. Le présent article vise à présenter différentes méthodes de quantification de la probabilité ainsi que les sources de données associées tout en mettant l'accent sur la méthode retenue par l'INERIS. Cette méthode consiste en une évaluation semi-quantitative prenant en compte le retour d'expérience des industriels et la performance des barrières de sécurité.

### *A- Contexte réglementaire*

En France, la politique de prévention des risques technologiques repose principalement sur la réglementation des Installations Classées s'appuyant sur le Code de l'Environnement, modifié par la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (JO du 31 juillet 2003).

**L'étude de dangers est un document fondamental** qui intervient à différents niveaux :

- Pour les sites soumis à autorisation, au sens du code de l'environnement, l'étude de dangers, réalisée sous la responsabilité des industriels, doit démontrer qu'un niveau de maîtrise des risques suffisant est atteint sur les sites étudiés. L'autorisation d'exploiter délivrée par l'administration est conditionnée par l'instruction du dossier de demande d'autorisation d'exploiter comportant notamment l'étude de dangers.
- Pour les installations soumises à autorisation avec servitudes, l'étude de dangers servira également de point de départ pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Technologiques autour des établissements.

**La nécessité d'évaluer la probabilité d'occurrence des accidents potentiels apparaît notamment dans la loi du 30 juillet 2003, la probabilité étant une des composantes du risque.** Des textes réglementaires récents (JO du 7 octobre 2005) viennent préciser le contenu des études de dangers :

- Arrêté du 29 septembre 2005 [1] relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation;
- Arrêté du 29 septembre 2005 [2] modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

### *B- Différentes méthodes d'évaluation des probabilités*

#### *1- Probabilité ou fréquence d'occurrence*

Les différents textes réglementaires mentionnent indifféremment la probabilité d'occurrence (sans mention de notion temporelle) ou une échelle de probabilité en unité et par an, faisant ainsi référence à une fréquence d'occurrence. La confusion est ainsi souvent faite dans les études de dangers entre la fréquence d'occurrence par an et la probabilité d'occurrence, celle-ci étant implicitement associée à une période de référence annuelle. De manière simplifiée, dans le cadre des études de dangers, les deux notions de probabilité et de fréquence coïncident, dès lors que les fréquences sont faibles (de l'ordre de 1 fois tous les 10 ans ou moins).

#### *2- Choix d'une méthode d'évaluation de la probabilité*

Il existe différentes méthodes pour évaluer la probabilité d'un événement qui peuvent être classées en trois catégories. Ces différentes méthodes, reprises dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [1], sont les suivantes :

- ➔ **L'évaluation qualitative.** L'emploi de qualificatifs tels que "courant", "possible mais extrêmement peu probable" ou de notions telles que "s'est déjà produit sur le site", "n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un grand nombre d'années installations" permet de qualifier la probabilité de manière souvent subjective. L'évaluation qualitative est souvent attribuée à partir du retour d'expérience et des dires d'expert.

- ➔ **L'évaluation quantitative.** La fréquence de l'événement est exprimée en nombre d'occurrence par an. Les méthodes utilisées sont nombreuses. L'estimation de la fréquence nécessite l'utilisation de méthodes statistiques plus ou moins approfondies, en adéquation avec les données d'entrée disponibles pour la quantification (sources de données génériques ou autres). Les méthodes d'estimation sont multiples. Parmi les méthodes les plus classiques, on trouve les méthodes arborescentes de type arbre des causes / conséquences et le nœud-papillon.
- ➔ **L'évaluation semi-quantitative.** Ces méthodes sont souvent une combinaison des méthodes précédentes et peuvent se présenter sous plusieurs formes. La probabilité peut être exprimée par un indice (par exemple, échelle de 0 à 4) ou un ordre de grandeur de la fréquence d'occurrence ( $10^{-4}$  occurrences par an et par site). Certaines méthodes quantitatives peuvent être adaptées au semi-quantitatif.

Le choix de la méthode et du type d'évaluation dépendra principalement des critères suivants :

- ➔ Objectif de l'étude et niveau de détail voulu ;
- ➔ Types de données disponibles (quantité, qualité, fiabilité...) ;
- ➔ Temps et moyen à y consacrer.

### C – Approche retenue par l'INERIS

L'approche retenue par l'INERIS est décrite dans le rapport INERIS Oméga 9 [3] qui formalise l'expertise de l'INERIS dans le domaine des études de dangers. Elle s'appuie notamment sur des résultats du projet européen ARAMIS [4], dont l'INERIS a assuré la coordination de 2002 à 2004.

#### 1- Le nœud-papillon

Les études de dangers comportent une phase d'identification des scénarios d'accidents pouvant conduire à des phénomènes dangereux. Il est possible de représenter les différents scénarios d'accidents sous la forme d'un ou plusieurs nœud-papillons, comme illustré sur la Figure 1. Le nœud-papillon est la combinaison d'un arbre de défaillances et d'un arbre des conséquences.

Le nœud-papillon permet d'avoir une vision globale du scénario d'accident majeur. Il assure une identification des barrières de sécurité et permet, après évaluation des probabilités, de bénéficier d'une vision claire sur les causes les plus probables, pour lesquelles un effort de maîtrise des risques pourrait devoir être consenti.

La signification des différents termes employés dans la Figure 1 et dans l'article est précisée dans le Tableau 1.

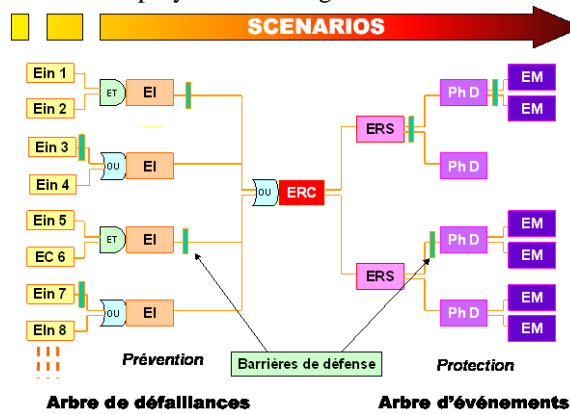


Figure 1 : représentation selon le modèle du nœud-papillon

Désignation	Signification	Définition	Exemples
Ein	Événement Indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies.	Le surremplissage ou un départ d'incendie à proximité d'un équipement dangereux peuvent être des événements initiateurs
EC	Événement Courant	Événement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation.	Les actions de test, de maintenance ou la fatigue d'équipements sont généralement des événements courants
EI	Événement Initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique.	La corrosion, l'érosion, les agressions mécaniques, une montée en pression sont généralement des événements initiateurs
ERC	Événement Redouté Central	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse	Rupture, Brèche, Ruine ou Décomposition d'une substance dangereuse dans le cas d'une perte d'intégrité physique
ERS	Événement Redouté Secondaire	Conséquence directe de l'événement redouté central, l'événement redouté secondaire caractérise le terme source de l'accident	Formation d'une flaque ou d'un nuage lors d'un rejet d'une substance diphasique
Ph D	Phénomène Dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs	Incendie, Explosion, Dispersion d'un nuage toxique
EM	Effets Majeurs	Domages occasionnés au niveau des éléments vulnérables (personnes, environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux	Effets létaux ou irréversibles sur la population Synergies d'accident
Barrières ou Mesures de Prévention		Barrières ou mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique	Peinture anti-corrosion, Coupure automatique des opérations de dépotage sur détection d'un niveau très haut...
Barrières ou Mesures de Protection		Barrières ou mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique	Vannes de sectionnement automatiques asservies à une détection (gaz, pression, débit), Moyens d'intervention...

Tableau 1 : Légende des événements figurant sur le modèle du nœud papillon

## 2- Evaluation des probabilités à partir des nœud-papillons

L'étude de dangers doit permettre l'évaluation de la fréquence d'occurrence des phénomènes dangereux (PhD) et/ou des accidents majeurs (AM). Leurs fréquences sont évaluées à partir de la fréquence de l'évènement redouté central (ERC) (ou parfois de plusieurs ERC) et des évènements pouvant survenir entre l'ERC et le PhD et/ou l'AM (faisant intervenir les probabilités d'inflammation retardée ou différée, de présence des cibles, etc).

L'évaluation de l'ERC peut être réalisée de deux manières :

- la fréquence de l'ERC peut être issue de l'évaluation des fréquences des évènements initiateurs et de la probabilité de défaillance des barrières de sécurité en prévention de l'ERC; cette démarche est communément appelée "approche barrières" dans la mesure où elle fait intervenir les barrières existantes en prévention de l'ERC;
- la fréquences de l'ERC peut être déterminée directement en utilisant une source de donnée quantifiée.

L'arrêté du 29 septembre 2005 [1] laisse le choix de la méthode (qualitative, quantitative ou semi-quantitative). Il est précisé cependant que la méthode peut "utiliser des éléments qualifiés et quantifiés tenant compte de la spécificité de l'installation considérée. Elle peut s'appuyer sur la fréquence des évènements initiateurs spécifiques ou génériques et sur les niveaux de confiance <sup>1</sup> des mesures de maîtrise des risques agissant en prévention et en limitation des effets". L'utilisation de bases de données génériques est présentée comme une solution "par défaut" en absence de données représentatives. D'autre part, il est nécessaire que les données utilisées correspondent à des conditions d'exploitation comparables à celles des sites.

De ce fait, l'INERIS retient dans ses évaluations de la probabilité une **méthode semi-quantitative** basée sur :

- la détermination des **fréquences des évènements initiateurs qui sera déterminée préférentiellement à partir du retour d'expérience de l'industriel, du secteur industriel ou des données génériques**; le retour d'expérience exprimé selon une approche qualitative est traduit ensuite en échelle semi-quantitative ;
- la **prise en compte des barrières de sécurité en prévention et en protection**; le principe est d'évaluer de manière semi-quantitative la probabilité de défaillance des barrières afin d'évaluer la réduction de probabilité d'occurrence induite par les barrières de sécurité.

Le chapitre suivant détaille la méthodologie d'évaluation des probabilités des évènements initiateurs et des probabilités de défaillance des barrières de sécurité.

### D – Méthodes et source de données disponibles

Les méthodes utilisées (qualitative, quantitative ou semi-quantitative) utilisent des sources de données variées. Celles-ci peuvent provenir de données génériques ou s'appuyer sur le retour d'expérience du site ou du secteur industriel.

Les paragraphes suivants présentent les données utilisables en fonction de la position de l'évènement dans le nœud-papillon.

#### 1- Evènements initiateurs

Les évènements initiateurs regroupent les causes d'accident d'origine externe et les causes internes au site.

Les **causes externes naturelles** (séisme, inondations, tempête, foudre...) ont des fréquences d'occurrence faibles. Une évaluation de type "retour d'expérience" n'est pas envisageable car celui-ci n'est pas quantifiable. D'autre part, il existe peu de source de données génériques sur les évènements initiateurs d'origine naturelle. Certaines bases donnent des valeurs tels le LOPA [5] ou la base PCAG [6]. L'utilisation de ces données n'est pas recommandée dans la mesure où les valeurs ne tiennent pas compte du contexte local. Pour la majorité des causes naturelles, il est alors retenu de considérer, lorsque celui-ci est défini, l'évènement de référence et de retenir une approche déterministe associée à des études réglementaires. L'approche est alors basée sur des évènements de référence (séisme de référence en fonction de la zone sismique, inondation de référence telle que définie dans le Plan de Prévention Inondation, densité de foudroiement ou niveau kéraunique défini selon les régions...). On note que l'arrêté du 29 septembre 2005 [2] exclut d'office l'effacement de barrage.

Les fréquences des **causes externes liées à l'activité humaine** (effet domino, chute d'avion, risque lié à des voies de circulation ou des canalisations de transport à proximité du site) peuvent être quantifiées en utilisant la probabilité d'un phénomène évaluée dans l'étude de dangers du site voisin (effet domino), en utilisant des formules issues de jugements d'experts donnant la fréquence de chute d'avion en fonction du type d'avion (pour les sites à proximité des aérodromes), des données issues du Transport Ferroviaire ou routier quant aux nombres d'accidents impliquant ou non des substances dangereuses, des données sur les canalisations de transport.

Les **causes d'origine interne** (évaluées en absence de barrières de sécurité) ont des fréquences d'occurrence plus importantes et peuvent de ce fait être évaluées à l'aide d'un retour d'expérience du site ou du secteur industriel. Il

---

<sup>1</sup> Le niveau de confiance (NC) est lié à la probabilité de défaillance de la barrière.

est alors possible d'évaluer en groupe de travail, avec l'industriel, la fréquence des causes possibles (erreur humaine, défaillance matérielle...) selon une échelle qualitative traduite en échelle semi-quantitative. On réalise dans un premier temps l'évaluation des fréquences en considérant l'inexistence des barrières de sécurité. L'échelle semi-quantitative utilisée usuellement par l'INERIS est présentée sur le Tableau 2. Cette échelle est indifféremment utilisée pour exprimer les fréquences des évènements initiateurs et celles des phénomènes dangereux.

<b>F-2</b>	$10^{+1}/\text{an} \leq \text{Fréquence} < 10^{+2}/\text{an}$ .	10 à 100 fois/an
<b>F-1</b>	$1/\text{an} \leq \text{Fréquence} < 10^{+1}/\text{an}$ .	1 à 10 fois/an
<b>F0</b>	$10^{-1}/\text{an} \leq \text{Fréquence} < 1/\text{an}$ .	1 fois tous les 1 à 10 ans
<b>F1</b>	$10^{-2}/\text{an} \leq \text{Fréquence} < 10^{-1}/\text{an}$ .	1 fois tous les 10 à 100 ans
<b>F2</b>	$10^{-3}/\text{an} \leq \text{Fréquence} < 10^{-2}/\text{an}$ .	1 fois tous les 100 à 1000 ans
<b>Fx</b>	$10^{-(x+1)}/\text{an} \leq \text{Fréquence} < 10^{-x}/\text{an}$ .	

Tableau 2 : exemple de classes de fréquence

A défaut d'un retour d'expérience du site, des données génériques peuvent être utilisées. Ainsi, le LOPA [7] fournit des fréquences d'évènements initiateurs exprimées en classes de fréquences. Toutefois, l'INERIS recommande de vérifier que chaque donnée générique utilisée correspond effectivement au contexte de site.

## 2- Barrières de sécurité

### Rôle des barrières

Les barrières de sécurité interviennent en prévention de l'ERC ou en limitation des effets des accidents. Les barrières intervenant dans la maîtrise du risque sont de trois types : les barrières techniques de sécurité, les barrières humaines de sécurité et une combinaison des barrières techniques et humaines.

Il existe peu de retour d'expérience, issu d'un site industriel, qui soit formalisé et comporte un nombre de données suffisantes sur une barrière pour pouvoir en déduire des probabilités de défaillance des barrières. D'autre part, les sources de données existantes (OREDA [11], EIREDA [12], PDS [13], NPRD 95 [14]...) apparaissent souvent comme des moyennes de données de fiabilité de dispositifs. Les conditions d'utilisation sont imprécises et les valeurs sont de ce fait difficilement utilisables dans une étude de dangers spécifique. Leur utilisation suppose également une bonne connaissance des termes de la fiabilité (distinction entre taux de défaillances sûres et non sûres, temps de référence correspondant à la fréquence des maintenances). Des données génériques sont également disponibles dans le Purple Book [9] ou la base PCAG [6], mais les valeurs de probabilité de défaillance affichées sont très faibles et nécessiteraient une validation par le retour d'expérience et une adaptation au contexte du site.

Pour pallier ces faiblesses, l'INERIS a développé une **méthode d'évaluation semi-quantitative des barrières techniques et humaines**. L'avantage de cette méthode, décrite dans les rapports INERIS Oméga 10 [5] et Oméga 20 [8] est de permettre une évaluation complète des performances des barrières de sécurité réellement en place sur le site étudié. Dans un premier temps, une évaluation de chaque composant de la barrière de sécurité est réalisée. Les performances des barrières sont évaluées au travers de trois critères : efficacité (Eff), temps de réponse (TR) et niveau de confiance (NC). Le niveau de confiance est traduit en facteur de réduction de risques (RR). Une agrégation des composants est ensuite réalisée pour qualifier la barrière de sécurité, comme illustré sur la Figure 2, tout en vérifiant que d'éventuels modes communs de défaillance ne viennent pas dégrader le NC global.

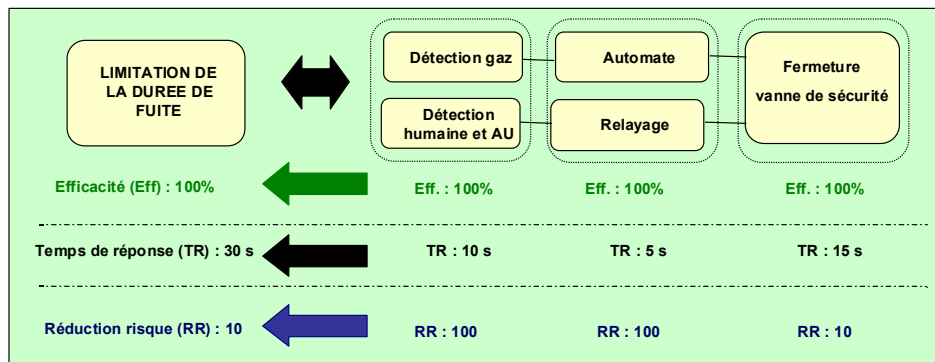


Figure 2 : agrégation des composants de la barrière de sécurité

### Niveau de confiance (NC) des barrières

Le **niveau de confiance (NC)** est lié au facteur de réduction du risque et intervient alors dans l'évaluation des fréquences d'occurrence des ERC (pour les barrières de prévention) et dans l'évaluation des fréquences d'occurrence des PhD à partir des fréquences de l'ERC (barrières de protection). Les barrières de prévention réduisent la probabilité d'occurrence d'avoir un événement redouté central : dans une approche semi-quantifiée, si l'événement initiateur a une fréquence de  $10^{-x}$ /an et que le niveau de confiance de la barrière est NC, correspondant de manière conservatrice à un facteur de réduction de risques de  $10^{NC}$ , la fréquence d'occurrence de l'ERC est alors de l'ordre de  $10^{-(x+NC)}$ . Les barrières de protection réduisent de même la probabilité d'avoir le phénomène dangereux avec les conséquences maximales (en absence de barrières).

Le niveau de confiance est déterminé au terme d'un questionnement sur les différentes barrières, tel que précisé dans les rapports Oméga 10 [5] et Oméga 20 [8]. Le niveau de confiance attendu d'une barrière active ou d'un système instrumenté de sécurité (SIS) est défini par extrapolation des SIL (Safety Integrity Level) définis dans les normes de sûreté de fonctionnement CEI 61508 et CEI 61511 [15], la démarche des normes ayant été étendue à tout dispositif actif. Pour les barrières passives et les barrières humaines, un NC maximal a été déterminée à partir d'études bibliographiques à défaut d'études spécifiques. Dans tous les cas, le NC prévisible est ensuite pondéré en fonction d'un certain nombre de critères.

### Temps de réponse et efficacité des barrières

Les paramètres **temps de réponse** et **efficacité** sont également fondamentaux car ils permettent de vérifier au préalable que la barrière est pertinente dans la fonction de sécurité qu'elle assure. D'autre part, l'efficacité et le temps de réponse des barrières de limitation des effets permettent la définition des intensités des phénomènes résiduels induits par le fonctionnement des barrières. En effet, comme illustré par un exemple sur la Figure 3, deux phénomènes dangereux sont associés à une barrière correspondant au fonctionnement ou au dysfonctionnement de la barrière de limitation. En revanche, pour la majorité des barrières de prévention, le fonctionnement de la barrière conduit à l'absence de l'ERC ; il n'y a généralement donc pas de deuxième branche.

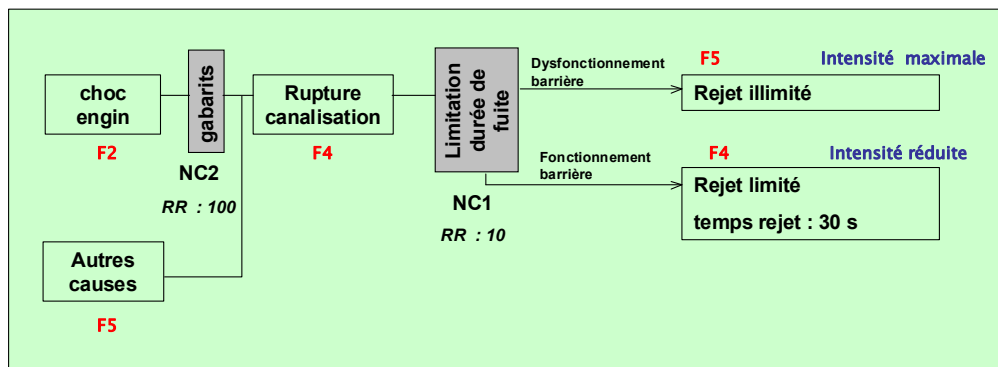


Figure 3 : exemple de prise en compte des barrières de sécurité

## 3- Evènement redouté central

### Données génériques

Les fréquences des ERC peuvent être déterminées à partir de sources de données génériques. Il existe différentes sources de données. Parmi les données disponibles, les plus usuellement rencontrées sont le Purple Book [9], la base PCAG [6] (issue de la base FRED élaborée par le HSE), le rapport LPG [10].

L'avantage de ces bases de données réside dans leur facilité apparente d'utilisation. Elles permettent, en évaluant directement la fréquence de l'ERC, de s'affranchir de la cotation des arbres de défaillances à partir des événements initiateurs et des barrières de sécurité, étape dont la longueur d'exécution augmente rapidement avec la complexité du site.

Cette méthode présente cependant de nombreux inconvénients ce qui conduit l'INERIS à recommander de n'utiliser ces bases de données en leur état actuel qu'à défaut de valeurs plus adaptées ou comme valeurs repères. En effet les données génériques actuellement utilisables sont difficiles à valider. Le jugement d'expert peut paraître parfois arbitraire. Les valeurs correspondent souvent à une moyenne de substances, à une moyenne d'installations avec des dispositifs de sécurité qui ne sont pas clairement identifiés, dans des conditions d'environnement différentes, avec des politiques de gestion de la sécurité variées. Les données correspondent souvent à des installations anciennes et les conditions d'utilisation ne sont pas nécessairement explicites.

D'autres bases de données sont en cours de développement, qui devraient intégrer des facteurs de correction à un chiffre générique (fonction des barrières en place, de la substance, etc). Ces bases pourraient alors être utilisées dans la mesure où elles prendraient davantage en compte les spécificités d'un site et qu'elles seraient adaptées au contexte local.

### ***Approche barrière***

L'approche barrière permet de déterminer la fréquence de l'ERC en utilisant la fréquence de l'EI et le niveau de confiance des barrières en prévention de l'ERC. Si plusieurs barrières indépendantes agissent sur un même scénario et qu'elles ne comportent pas de mode commun de défaillance, le niveau de confiance global (somme des niveaux de confiance des différentes barrières) sera pris en compte. La même opération est répétée pour toutes les causes identifiées et une agrégation est ensuite réalisée pour évaluer la fréquence de l'ERC en tenant compte de tous les événements initiateurs.

### ***4- Phénomènes dangereux (PhD) et Accident majeur (AM)***

Les fréquences des PhD et des AM sont déterminées à partir des fréquences des divers ERC en tenant compte des événements secondaires nécessaires à l'occurrence du PhD et en intégrant d'éventuelles probabilités conditionnelles.

Différentes probabilités peuvent ainsi être utilisées en fonction du contexte (probabilité d'un événement pouvant conduire à un événement redouté secondaire, probabilités d'inflammation immédiate ou retardée, probabilités d'atteinte de cibles tenant compte de leur position relative et de la durée d'exposition, etc).

Des données existent sur les probabilités d'inflammation dans des sources génériques (dont le Purple Book [9]) mais ces données sont à utiliser avec précaution. L'INERIS préfère à ce jour évaluer les probabilités d'inflammation (inflammation immédiate, retardée avec VCE ou flashfire) en fonction de paramètres tels que l'étendue du nuage inflammable, la nature de la cause de perte de confinement de la substance, la réactivité de la substance, la présence de sources d'inflammation et les barrières de prévention mises en place, la durée de la fuite, l'encombrement de la zone dans laquelle se développe le nuage inflammable.

Les probabilités d'atteinte des cibles (humaines ou matérielles) pourront être prises en compte s'il est nécessaire d'affiner l'évaluation des probabilités. Leur évaluation s'appuie d'abord sur des résultats de modélisations (taille d'un nuage toxique, dimensions d'un feu torche, taille d'un nuage inflammable). La dimension relative de la cible, sa position par rapport à l'équipement et la présence d'obstacles peuvent être pris en compte pour évaluer une probabilité d'atteinte. Les conditions atmosphériques (stabilité du vent, température ambiante, rose des vents) pourraient également être prises en compte. De même, la probabilité de présence de cibles pourrait permettre de pondérer la probabilité d'accident en cas de présence intermittente de cibles (locaux fréquentés sur des périodes réduites, passage de véhicules sur des durées très courtes...). A noter Des discussions sont encore en cours au Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable pour clarifier la prise en compte des diverses probabilités conditionnelles.

### ***E – Conclusion***

L'évaluation des probabilités des phénomènes dangereux et des accidents majeurs est devenue une étape nécessaire des études de dangers. Des sources de données de formes différentes existent (formules issues de jugements d'experts, données génériques issues du retour d'expérience et de jugements d'experts, retour d'expérience de sites...). Ces données peuvent être employées selon les cas pour des démarches d'évaluation de type qualitative, quantitative ou semi-quantitative. Mais l'utilisation de ces données est délicate et pas nécessairement judicieuse. En effet, d'une part les données génériques ne s'appliquent pas nécessairement à un site spécifique, d'autre part, les retours d'expérience dans l'industrie ne sont pas toujours quantitativement suffisants pour en déduire des données quantifiées et ne sont pas nécessairement adaptés au contexte local. C'est pourquoi l'INERIS a développé une méthode d'évaluation semi-quantitative s'appuyant sur le retour d'expérience des industriels et l'évaluation des performances des barrières de sécurité en place sur un site. L'avantage de cette méthode est qu'elle tient compte des mesures de maîtrise des risques en place sur le site et de l'expérience de l'industriel.

Un approfondissement de la quantification pourra se faire ultérieurement par l'amélioration des bases de données existantes (en introduisant par exemple des facteurs correctifs représentatifs du site) et en travaillant sur le recueil du retour d'expérience des industriels.

## **Références**

- [1] **Arrêté du 29 septembre 2005**, relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation..
- [2] **Arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 1000 mai 2000 modifié**, relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- [3] **Rapport INERIS- Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) - L'étude de dangers d'une Installation Classée -Ω-9** – avril 2006
- [4] **Projet européen ARAMIS** – 2003-2005 - site internet : [aramis.jrc.it](http://aramis.jrc.it)
- [5] **LOPA - Layer Of Protection Analysis**, simplified process risk assessment, CCPS, 2001
- [6] **PCAG 6K** (Planning Case Assessment Guide), HSE, Août 2004 - Layer Of Protection Analysis, simplified process risk assessment, CCPS, 2001
- [7] **Rapport INERIS – Omega 10 : évaluation des barrières techniques de sécurité** – Nadine Ayrault – Mars 2005
- [8] **Rapport INERIS – Omega 20 : démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité** – Elodie Miché, Franck Prats, Sylvain Chaumette – Août 2006
- [9] **Purple Book** – Committee for the Prevention of Disasters - Guidelines for quantitative risk assessment – CPR18 – 1999
- [10] **LPG, a study**. A comparative analysis of the risk inherent in the storage, transshipment, transport and use of LPG and motor spirit. Netherlands Organization for Applied Scientific research, TNO, Division of technology for Society, Apeldoorn, May 1983
- [11] **OREDA**, offshore Reliability Data, third edition, 1997
- [12] **EIREDA**, European Industry reliability Data Bank, 1998
- [13] **Reliability Prediction Method for Safety Instrumented Systems**, PDS data handbook, SINTEF, april 2006
- [14] **NPRD 95** - 1995
- [15] **Normes de sûreté de fonctionnement**, CEI EN 61508 et CEI EN 61511