

## Avant-propos

Une installation nucléaire crée des risques pour son personnel, le public et l'environnement, qui justifient la surveillance que les pouvoirs publics exercent sur elle. Mais les phénomènes qui se développent à l'extérieur de l'installation peuvent aussi solliciter la sûreté d'une installation nucléaire. Ces sources de risques externes aux installations peuvent être directement liées à l'activité humaine (chutes d'avions, industrie...) ou être tout à fait naturelles.

Les phénomènes naturels (inondations, séismes, grands froids) pris en compte dans la conception ou l'exploitation des installations sont certes d'amplitude exceptionnelle, mais ont cette spécificité de concerner potentiellement la totalité du site et non une partie limitée de celui-ci, d'avoir en outre un impact général sur une région, ce qui peut compliquer la gestion de la situation rencontrée par l'installation nucléaire (accès d'équipes de conduite, des secours, mobilisation très forte des pouvoirs publics sur d'autres problématiques...), et enfin d'être susceptibles d'évoluer dans le temps, ce qui rend la prévision parfois délicate.

On se souvient bien en France de la tempête de décembre 1999 et des dégâts qu'elle a provoqués sur les réseaux électriques. Le même phénomène météorologique avait également provoqué une inondation sur le site du Blayais, mettant en lumière une protection insuffisante du site contre ce risque.

Aujourd'hui, si les premières mesures mises en œuvre par les exploitants et

notamment pour les réacteurs de puissance ont permis de restaurer la protection initialement prévue lors de la conception, le niveau même de l'inondation à prendre en compte ainsi que l'ensemble des enseignements tirés du cas du Blayais sont en cours de réexamen. Ainsi, les résultats des études laissent apparaître un besoin de renforcer la protection du site de Belleville.

D'autres risques, sans doute moins familiers pour la population, sont également à prendre en compte : le risque sismique, qui a fait l'objet de travaux très importants en particulier de l'IPSN, est au cœur par exemple des questions soulevées par l'Autorité de sûreté nucléaire sur l'installation de l'ATPu à Cadarache, qui amènent à préconiser son arrêt avant fin 2002.

Au-delà de la conception même d'une installation, la réévaluation du risque, fondée sur le retour d'expérience et l'avancée des connaissances mais aussi sur la simple progression des exigences de sûreté pour les installations nouvelles, amène à revenir sur les installations anciennes par des modifications des matériels, des modes d'exploitation, ou encore de l'organisation.

Cette démarche est fondamentale dans une approche de la sûreté ; à l'évidence, elle permet, au même titre que les études sur le vieillissement d'une installation, de s'assurer qu'une installation n'est pas exploitée dans des conditions fondamentalement différentes de ce que l'on doit exiger d'installations modernes.

# La sûreté des INB et les risques externes : problématique, réglementation et application

par **Yves Boulaigue**, Adjoint au sous-directeur chargé des réacteurs de puissance - DSIN  
et **Adeline Clos**, Chargée d'affaires à la sous-direction des réacteurs de puissance - DSIN

## Prise en compte des risques externes dans la démarche de sûreté

La démarche de sûreté dans la conception et l'exploitation d'une installation nucléaire suppose notamment la prise en considération d'un certain nombre d'agressions pouvant l'affecter. Ces agressions peuvent être d'origine interne ou externe à l'installation.

Les agressions d'origine interne sont par définition celles résultant de la défaillance ou du mauvais fonctionnement de l'installation elle-même.

Les risques d'origine externe sont, a contrario, indépendants de l'installation et proviennent de l'environnement extérieur propre à chaque site. Ils peuvent être soit d'origine naturelle, soit liés à l'activité humaine.

Les agressions d'origine naturelle faisant l'objet de dispositions particulières sont les séismes, les inondations d'origine externe au site, les conditions météorologiques extrêmes (neige, vent, grand froid).

De même, les agressions liées à l'activité humaine retenues sont essentiellement les chutes d'avions et les risques dus à l'environnement industriel et aux voies de communication (explosion, incendie d'origine externe, gaz toxiques...).

La prévention et la protection contre les risques liés aux agressions externes ont pour objectif essentiel de limiter le rejet éventuel de substances radioactives dans l'environnement à des valeurs acceptables. De manière pratique, le respect de cet objectif fondamental de sûreté repose sur des dispositions techniques nécessaires pour conserver, y compris après arrêt du réacteur, les trois fonctions de sûreté suivantes :

- l'évacuation de la puissance résiduelle ;
- le confinement des produits radioactifs ;
- le contrôle de la criticité.

## Exigences réglementaires

### Décrets d'autorisation et lettres d'orientation ministérielles

Notons tout d'abord que le décret d'autorisation de création de chaque installation nucléaire de base fait état de certaines dispositions à retenir pour la prise en compte des agressions de l'environnement. Ce document précise l'intensité du séisme à retenir pour chaque site. Il fait également référence, si nécessaire, aux particularités du site en termes de régime hydrologique ou d'environnement industriel.

Les lettres d'orientation ministérielles de 1979 (pour ce qui concerne les réacteurs nucléaires du palier 1300 MWe) et de 1983 (pour ce qui concerne les réacteurs nucléaires du palier 1400 MWe) précisent quant à elles que doivent notamment être prises en compte, dans la conception des installations, les agressions liées :

- aux séismes, raz de marée et mouvements de terrain ;
- aux conditions météorologiques extrêmes ;
- aux inondations, en tenant compte à la fois des crues éventuelles des rivières et des défaillances pouvant survenir sur les ouvrages d'aménagement hydraulique ;
- aux chutes d'avions ;
- aux explosions, nappes de gaz, incendies ou projectiles pouvant résulter d'activités humaines liées notamment aux équipements

industriels ou portuaires ainsi qu'aux voies de communication.

### Règles fondamentales de sûreté

Les dispositions mentionnées dans les lettres d'orientations ministérielles sont complétées et développées dans le cadre des règles fondamentales de sûreté (RFS). Ces documents sont établis après discussion entre différents organismes concernés (Autorité de sûreté, experts, exploitants, constructeurs).

Les RFS relatives aux agressions d'origine externe sont les suivantes :

- RFS traitant de la prise en compte des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication (I.2.d du 07/05/82 pour les réacteurs à eau sous pression, I.1.b du 07/10/92 pour les autres INB) ;
- RFS traitant de la prise en compte des risques liés aux chutes d'avion (I.2.a du 05/08/80 pour les réacteurs à eau sous pression, I.1.a du 07/10/92 pour les autres INB) ;
- RFS traitant de la détermination des mouvements sismiques à prendre en compte pour la sûreté des installations (RFS du 16/05/01 commune à toutes les INB) ;
- RFS traitant de la prise en compte du risque d'inondation d'origine externe (I.2.e du 12/04/84 pour les réacteurs à eau sous pression).

Elles s'appliquent aux installations nouvelles et peuvent être appliquées aux installations anciennes selon le processus de réévaluation de sûreté (voir ci-après).

### Dispositions prises à l'égard des effets des agressions externes

La démarche à retenir face à un risque d'agression externe consiste à essayer de réduire la fréquence d'apparition de cette agression et à chercher à en limiter les conséquences, particulièrement lorsque l'occurrence de l'agression n'est pas maîtrisable.

La prise en considération de l'occurrence d'agressions externes sur une installation nucléaire conditionne naturellement le choix du site d'implantation. Des dispositions réglementaires peuvent en outre limiter les risques d'agressions liées à l'activité humaine. Citons à ce titre l'interdiction de survol des

sites nucléaires ou le détournement de trafics présentant un risque trop élevé.

La limitation des conséquences d'une agression se traduit quant à elle par des dispositions en termes de conception, de construction et d'exploitation des installations.

### Conception et installation

Chaque fois que cela s'avère nécessaire, le dimensionnement des équipements et des ouvrages de génie civil induit les sollicitations résultant des agressions contre lesquelles il convient de se protéger. On peut citer, à titre d'exemple, le dimensionnement de l'enceinte de confinement à la chute de certains avions, la protection contre l'inondation par une digue, ou le dimensionnement au séisme de certains ouvrages de génie civil et matériels importants pour la sûreté.

Afin d'éviter qu'une agression donnée ne conduise à la défaillance simultanée de l'ensemble des équipements concourant à une fonction de sûreté, des dispositions assurant la séparation géographique ou physique des équipements peuvent aussi être retenues.

### Exploitation

Dans certains cas, des dispositions spécifiques d'exploitation doivent être respectées afin d'assurer le maintien de la sûreté de l'installation dans des conditions d'environnement dégradées. Citons à ce titre les consignes d'exploitation à respecter en cas de grand froid ou d'inondation, circonstances pour lesquelles des dispositifs d'alerte existent qui permettent de préparer les installations et les équipes à faire face à la situation.

### Risques liés à l'activité humaine

Pour ce qui concerne les agressions liées à l'activité humaine, des objectifs de sûreté ont été définis en termes probabilistes de façon que l'ordre de grandeur de la probabilité d'un dégagement inacceptable<sup>1</sup> de substances radioactives soit inférieure à  $10^{-6}$  par réacteur, par an et par fonction de sûreté.

1. Dont la conséquence radiologique en limite de site est supérieure à celle envisagée pour les accidents de dimensionnement de 4<sup>ème</sup> catégorie (conditions de fonctionnement de dimensionnement les moins fréquentes).

Cette valeur est ramenée à  $10^{-7}$  par famille d'agressions, toujours en ordre de grandeur.

Les différentes familles d'agressions recensées sont au nombre de six, à savoir :

- l'aviation générale (avions de masse inférieure à 5,7 tonnes) ;
- l'aviation militaire ;
- l'aviation commerciale ;
- les installations industrielles fixes ;
- les canalisations de transport de produits dangereux ;
- les trafics routier, ferroviaire, fluvial et maritime.

Au plan pratique, les règles fondamentales de sûreté précisent que la probabilité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la suite d'une agression peut être estimée en prenant en compte la probabilité d'occurrence de l'agression, combinée à la probabilité pour qu'à la suite de l'agression la fonction de sûreté ne soit plus assurée, et à la probabilité pour que de cette défaillance résulte un dégagement inacceptable de substances radioactives.

C'est ainsi que les installations ne disposent pas de protection matérielle spécifique contre les chutes d'avions « militaires ou civils gros porteurs » car la probabilité d'un tel événement est inférieure à  $10^{-7}$  par an.

### Risques d'origine naturelle

Les activités humaines susceptibles d'avoir un impact sur l'exploitation des INB se sont essentiellement développées au XX<sup>ème</sup> siècle : on dispose donc d'un retour d'expérience large et récent permettant de disposer de multiples données de fiabilité, et d'une connaissance assez fine des couples « événement - probabilité ».

A l'inverse, il est plus difficile de caractériser les événements naturels tels que séismes, inondations, voire grands froids, en fonction de leur occurrence, et illusoire de vouloir le faire pour des probabilités de l'ordre de  $10^{-6}$  par an. L'approche a donc consisté pour ces risques à déterminer par une étude historique les événements pour lesquels les installations doivent être protégées.

Cette étude consiste par exemple à caractériser les séismes à partir de la connaissance des

destructions relatées dans les documents historiques, sur une période de mille ans environ, mais aussi par l'observation du terrain (état des sols laissant apparaître des mouvements de terrain très anciens permettant de remonter plus loin dans le temps). L'intensité sismique ainsi évaluée est ensuite majorée pour définir le séisme majoré de sécurité, base du dimensionnement (cf. article relatif au risque sismique).

Les inondations ne laissent pour leur part pas les mêmes traces dans le paysage, de sorte que la période d'observation est plus courte (de l'ordre de cent ans) et que son extrapolation à mille ans se fait par une méthode statistique (dite méthode de renouvellement).

Une majoration de 15 % sur le débit de crue millénaire ainsi calculé est appliquée de manière à aboutir à la cote majorée de sécurité, base de dimensionnement des installations.

Le froid est quant à lui abordé en considérant trois niveaux de température là encore fondés sur la connaissance historique, limitée à une centaine d'années. Les niveaux correspondent aux plus basses valeurs connues :

- pour une période de 7 jours consécutifs ;
- pour une période de 24 heures consécutives ;
- de façon instantanée.

Chacun de ces niveaux va conditionner, par exemple, les dispositifs de chauffage, selon les températures requises pour assurer le bon fonctionnement des matériels dans ou à l'extérieur des locaux.

Enfin, les risques d'origine naturelle ont cette spécificité qu'ils s'appliquent globalement au site et peuvent affecter simultanément des matériels redondants, quelles que soient les règles de séparation géographique adoptées. En outre, en pareil cas, d'autres problèmes sont également à traiter comme la possibilité d'évacuer le personnel, ou d'acheminer sur site de nouveaux moyens humains (relève des équipes de conduite, par exemple).

### La démarche de progrès

Le mode de prise en compte des risques extérieurs au stade de la conception, de la construction et de l'exploitation quoti-

diennes des INB n'est pas une démarche figée.

En effet, les règles fondamentales de sûreté peuvent évoluer en fonction des connaissances acquises (cf. article sur le risque sismique), de même que le retour d'expérience (cf. article sur le plan d'actions inondation) peut amener à considérer que le niveau de protection des installations doit être amélioré.

En outre, une approche prospective sur la nature des risques pris en considération peut aussi être menée, notamment vis-à-vis des risques liés aux fortes chaleurs (grands chauds) ou des risques d'atteinte aux circuits de refroidissement par pollution de la source froide (hydrocarbures par exemple).

La démarche de réexamen de sûreté conduite périodiquement sur les installations, et

notamment tous les 10 ans sur les réacteurs de puissance, peut permettre de mesurer l'écart entre une installation donnée et les exigences qui s'imposeraient à elle si elle était nouvellement construite, notamment lorsque l'environnement du site ou les règles (RFS notamment) ont évolué. Cette démarche peut conduire à modifier les installations et/ou leur exploitation, à développer des études de sûreté spécifiques, et, dans les cas vraiment extrêmes, à demander la suspension de l'activité de l'installation.

Elle est d'autant plus importante que le domaine du risque externe est dépendant de l'environnement du site (morphologie d'un fleuve pour le calcul des cotes majorées de sécurité, modifications du tissu industriel, du transport...), et que par nature cet environnement évolue.

# Le risque sismique dans la conception des installations nucléaires de base

par **Catherine Berge-Thierry**, Ingénieur chercheuse  
au laboratoire **BERSSIN - IPSN**

## La règle fondamentale de sûreté I.2.c

La pratique réglementaire du génie parasismique a évolué ces derniers mois dans le domaine des installations nucléaires. La règle fondamentale de sûreté (RFS I.2.c) qui décrit la méthode pouvant être utilisée pour déterminer les mouvements sismiques à prendre en compte pour dimensionner les installations nucléaires de surface a été modifiée afin d'intégrer les progrès scientifiques récents.

## Historique

La première RFS associée à la détermination de l'aléa sismique pour les réacteurs nucléaires a été adoptée en 1981. En 1997, la Direction de la sûreté des installations nucléaires a initié des discussions afin de réviser cette règle. Un groupe de travail piloté par l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN) et composé des représentants des exploitants nucléaires et des industries chimiques, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) et du ministère de l'environnement a été mis en place. Les réflexions de ce groupe ont abouti à la rédaction d'un projet de révision de la RFS I.2.c. L'application de ce projet pendant une période probatoire a permis de prendre en compte le retour d'expérience lié à l'utilisation pratique de la règle. L'IPSN a finalement exposé une proposition de révision de la RFS, présentés aux Groupes permanents réacteurs et laboratoires usines le 16 novembre 2000 et approuvée par la décision DSIN le 16 mai 2001.

## Pourquoi avoir modifié la RFS de 1981 ?

La règle en application depuis 1981 avait été rédigée sur la base des données et des connaissances disponibles dans les années 1975. Depuis 1975, des progrès ont été réali-

sés dans la compréhension et la modélisation des phénomènes liés aux tremblements de terre. Il est donc apparu nécessaire de revoir la règle de 1981, afin de la rendre conforme aux connaissances scientifiques actuelles. L'intégration de ces nouvelles connaissances devait également lever certaines difficultés rencontrées lors de l'application pratique de la RFS 1981, concernant par exemple la prise en compte des séismes proches. Le retour d'expérience de la mise en œuvre de la RFS de 1981 a donc également motivé la révision de la règle.

## La démarche « RFS 2001 »

### Zonage et caractérisation des séismes de référence

Il est important de noter que la démarche générale de la RFS I.2.c a été conservée dans la version 2001. En effet, la détermination de l'aléa sismique suit une démarche déterministe, qui se compose de 3 étapes : la caractérisation géologique et sismique de la région, la définition des caractéristiques d'un ou plusieurs séismes de référence et enfin le calcul du mouvement sismique au niveau du site. Chacune de ces étapes a subi des évolutions majeures en intégrant les progrès scientifiques récents. Le développement des systèmes d'information géographique, l'utilisation dans les géosciences des images par satellite, ont considérablement amélioré la reconnaissance et la caractérisation des failles actives. La détermination des volumes de croûte terrestre à potentiel sismogénique homogène (« zones sismotectoniques ») utilise désormais ces techniques.

En France, jusqu'au début des années 90, les informations sur les séismes passés résultaient soit de l'interprétation d'archives historiques relatant les dégâts provoqués, soit de mesures directes sur des enregistrements.

On parlait alors de catalogue historique, caractérisant environ 1000 ans de sismicité, et de catalogue instrumental, relatif aux 3 dernières décennies. En France, un effort important a été réalisé par le BRGM, EDF et l'IPSN pour constituer une base de données complète des dégâts occasionnés par les séismes anciens (SISFrance). La magnitude des tremblements de terre, qui quantifie l'énergie libérée, a été déduite de ces deux sources de données. Au début des années 90, ont été découverts quelques indices dits de « paléosismicité », qui montrent que des séismes de magnitude supérieure à la magnitude des séismes historiques ou instrumentaux se sont produits il y a quelques milliers d'années. En rompant les couches géologiques, en modifiant les paysages, ces séismes majeurs appelés « paléoséismes » ont laissé des traces qui sont recherchées aujourd'hui par les géologues. Un tel indice de paléosismicité a été identifié près de la faille de Nîmes en France (figure 1). La caractérisation d'un ou plusieurs séismes maximaux historiquement vraisemblables (SMHV) et des séismes majeurs de sécurité (SMS) perdure dans la RFS de 2001 : s'y ajoute dans la nouvelle règle la caractérisation des paléoséismes pour la détermination de l'aléa sismique.

Comme dans leur version antérieure, le SMHV, obtenu en déplaçant les séismes relevés au point le plus pénalisant par ses effets au niveau du site, est toujours présent dans la version 2001 de la règle, et le SMS est défini

par une augmentation de 0,5 degré de magnitude par rapport au SMHV.

### Détermination du mouvement sismique

La compréhension et la modélisation du mouvement sismique ont beaucoup progressé dans les 2 dernières décennies. C'est pourquoi des changements significatifs dans la RFS de 2001 apparaissent dans le calcul du mouvement sismique sur le site.

Le retour d'expérience des séismes des années 80 (Mexico, 1985 ; Loma Prieta, 1989) a montré que la géologie de surface a une grande influence sur les mouvements du sol engendrés. La localisation des couches géologiques « molles » de type alluvions est souvent en corrélation directe avec la répartition des dégâts. Chaque nouveau séisme majeur confirme ces observations (Kobe, 1995 ; Izmit, 1999). Cette prise de conscience de la variabilité du mouvement sismique et notamment de l'influence des couches superficielles (« effet de site ») est résultée de la révolution qualitative et quantitative des réseaux de stations sismologiques. Induits par les caractéristiques géologiques et géotechniques des matériaux superficiels et/ou par certaines topographies (bassins, collines, falaises), les effets de site agissent sur l'amplitude du mouvement sismique, sur sa durée et son contenu fréquentiel : c'est pourquoi de tels effets ne peuvent pas être décrits dans le seul spectre de réponse. Cette limitation

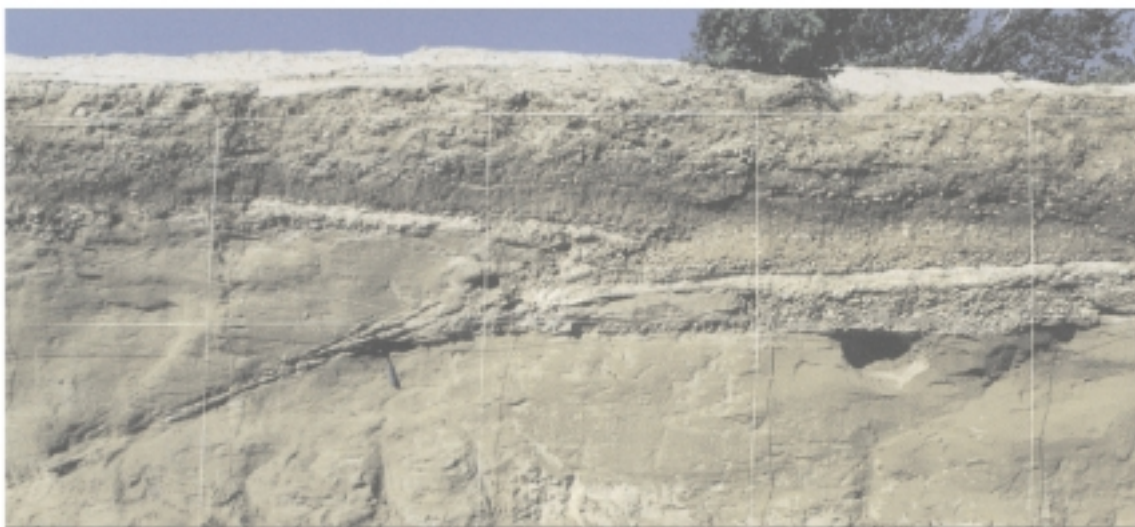


Figure 1. Indice de paléosismicité de Courthézon (faille de Nîmes). Le décalage observé au niveau de couches géologiques récentes est interprété comme l'indice d'un séisme de magnitude 6,5 à 7 ayant eu lieu il y a quelques dizaines de milliers d'années.

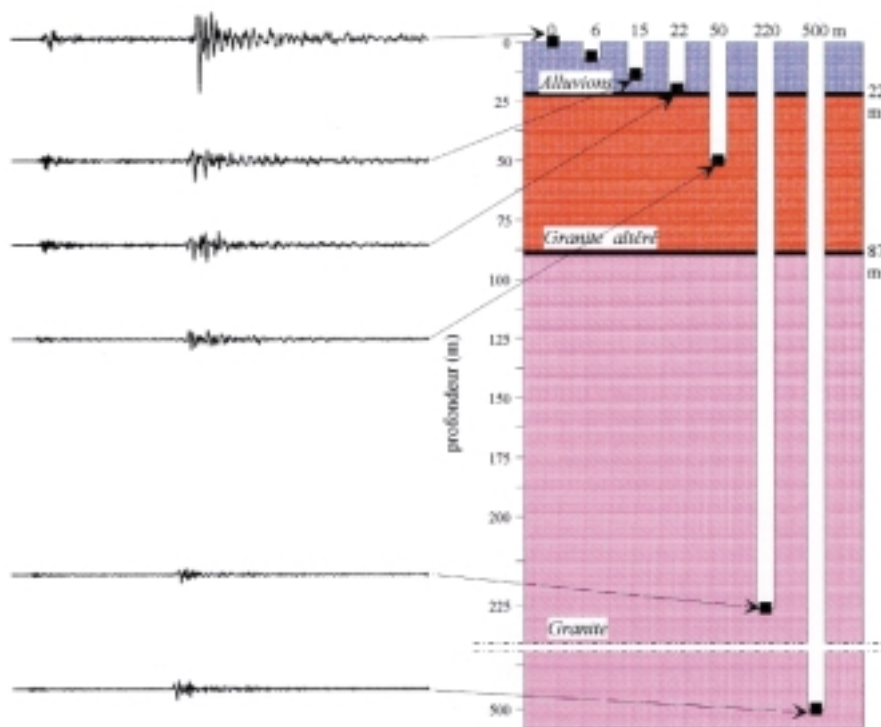


Figure 2. Illustration de l'effet de site occasionné par les couches géologiques de surface (site de Garner Valley, expérimentation issue d'une collaboration entre la Nuclear Regulatory Commission, l'Université de Californie et l'IPSN). Le mouvement du sol est enregistré à différentes profondeurs. L'accéléromètre situé à 500 mètres de profondeur dans le granite sain enregistre un mouvement faible. Le mouvement est amplifié par les couches sus-jacentes, particulièrement par la couche alluvionnaire.

du spectre de réponse apparaissait depuis quelques années comme contraignante pour les ingénieurs des structures, désireux de disposer d'autres indicateurs pertinents du mouvement sismique, complémentaires au spectre de réponse. Les effets de site sont illustrés sur la figure 2 : on peut observer l'influence des couches superficielles sur le mouvement sismique en surface.

La RFS de 2001 a donc intégré à la fois la notion d'effet de site, et celle d'indicateurs complémentaires au spectre de réponse (tels que la durée de phase forte, l'intensité d'Arias...).

La prise en compte des effets de site s'effectue dans la nouvelle règle par l'utilisation de lois d'atténuation de l'accélération spectrale induisant la caractéristique géologique des 30 mètres superficiels au niveau du site. L'obtention de telles lois a été possible grâce à l'augmentation du nombre d'enregistrements sismologiques, particulièrement en Europe : de telles données n'existaient pas dans les années 1975. Les données utilisées dans la RFS de 2000 sont en grande partie issues de la base européenne de mouvements forts (collaboration entre l'Imperial College (Londres), l'Ente Nazionale per

l'Energia Elettrica et l'Ente Nazionale per la Ricerca e per lo Sviluppo de l'Energia Nucleare e delle Energie Alternative (Italie) et l'IPSN) : les lois d'atténuation utilisées dans la version 1981 de la RFS étaient étayées par des données exclusivement californiennes. La règle de 2000 fournit donc les outils de calcul des spectres de réponse horizontaux et verticaux pour des conditions de sol au rocher ou sur sédiments pour une large gamme de magnitudes et de distances.

### Etudes spécifiques

Les lois d'atténuation du mouvement sismique décrites par les coefficients ne sont cependant pas valables lorsque le site est caractérisé par une vitesse des ondes très faible (inférieure à 300 m/s), c'est-à-dire pour des sols « très mous », ou en présence de géométrie particulière (bassin sédimentaire ou topographie) : dans ce cas, on parle d'« effet de site particulier » et la règle préconise une étude de site spécifique. En effet, les matériaux géologiques caractérisés par des vitesses très faibles sont susceptibles, sous sollicitation sismique forte, de développer des comportements non linéaires, non prévi-



sibles par les lois d'atténuation (en fait, les études de liquéfaction ne sont pas du domaine de la RFS 1.2.c). La géométrie de bassin ou de colline piège les ondes émises lors du séisme : il y a allongement de la durée du mouvement sismique et modification du contenu fréquentiel. L'étude spécifique vise à tenir compte de ces phénomènes pour la détermination de l'aléa sismique au site.

### **Conclusion**

Bien que la démarche globale de la détermination de l'aléa sismique perdure dans la RFS de 2000, des apports majeurs, étayés par des progrès scientifiques, apparaissent. L'utilisation de nouvelles techniques a amélioré l'identification des failles actives, et contribue à affiner le zonage tectonique. La

découverte des paléoséismes étend la période d'observation de la sismicité, jusqu'à présent contrainte par les catalogues historique et instrumental. Enfin, la révision de la RFS a tiré partie de l'augmentation de la qualité et du nombre d'enregistrements de mouvements forts : la RFS de 2000 permet de calculer l'accélération spectrale en tenant compte des conditions géologiques superficielles (rocher ou sol), à partir de coefficients dérivés d'une base accélérométrique dense, composée essentiellement de données européennes. En outre, cette base de données permet de fournir aux ingénieurs des structures d'autres caractéristiques du mouvement sismique. L'effet de site, phénomène crucial pour le mouvement, est dorénavant pris en compte dans la RFS, au travers du coefficient de site dans la loi d'atténuation, ou par des études spécifiques.

# Conception des centrales nucléaires pour les événements externes naturels au Japon

**Par Kenji Takashima, Associate Director for Safety Examination, Nuclear Power Licensing Division et Kunihiro Yoshimura, Senior Safety Officer, Office of International Affairs, Nuclear and Industrial Safety Agency, Ministry of Economy, Trade and Industry**

## Récents tremblements de terre au Japon

Le Japon est parfois frappé par des tremblements de terre importants. Le maximum pour les tremblements de terre, terrestres et sous-marins, est respectivement de Mj 8,0 et 8,6 (Mj est la magnitude du tremblement de terre définie par l'Agence météorologique japonaise). Parmi les tremblements de terre récents bien connus qui ont causé des dégâts importants, on peut citer le tremblement de terre de Geiyo (Mj 6,4) le 24 mars 2001, le tremblement de terre à l'ouest de Tottori (Mj 7,3) le 6 octobre 2000 et celui de Kobe (Mj 7,3) le 17 janvier 1995. Les tremblements de terre qui se produisent en mer peuvent aussi générer des tsunamis d'une hauteur de plusieurs mètres qui frappent les côtes du Japon, en particulier dans les baies en forme de V ou de U. La résistance des centrales nucléaires à de tels événements est un souci pour la plupart des personnes. Cet article décrit comment les centrales nucléaires au Japon sont implantées et conçues afin de résister à ce type d'événements externes importants.

## Choix des sites et principes de conception pour résister aux tremblements de terre et tsunamis

### Choix des sites

Les sites sont choisis là où des événements externes graves ne se sont pas produits dans le passé et ne sont pas censés arriver dans l'avenir. Ceci est une exigence du « Guide d'examen pour l'implantation d'un réacteur » approuvé par la Commission de

sûreté nucléaire, qui dépend du Bureau du Cabinet. Plus spécifiquement, le choix d'un site exige qu'une évaluation soit faite pour garantir un emplacement non affecté par des tsunamis. Toutes les centrales nucléaires au Japon sont placées sur des régions côtières pour assurer le refroidissement des réacteurs et construites sur des fondations en roche solide.

Pour garantir la sûreté des centrales nucléaires, il est nécessaire de réaliser des expertises détaillées de la géologie et des sols, ainsi qu'une analyse et une conception fiables. Le but de l'expertise géologique du site et de la région environnante est d'acquérir une connaissance des caractéristiques et des activités des failles et de fournir des données géologiques détaillées pour la région périphérique entourant les fondations des structures. Ces données sont alors prises en considération pour la conception antisismique. En outre, une expertise détaillée des fondations des bâtiments et de leur périphérie est réalisée de façon que leurs caractéristiques soient prises en compte pour la phase de conception.

## Conception antisismique des centrales

Les centrales sont équipées de façon à résister aux séismes, en maintenant à un niveau adéquat les fonctions de sûreté telles que l'arrêt de la réaction nucléaire, le refroidissement du réacteur et le confinement des matières radioactives en réponse à n'importe quelles sollicitations sismiques concevables sur le site.

Dans la conception antisismique des centrales, outre la confirmation de la stabilité du

terrain et du supportage des installations, l'intégrité des systèmes de sûreté doit être assurée pendant le tremblement de terre en tenant compte des déplacements sismiques sur le site.

Deux sollicitations sismiques sont postulées au niveau du site, S1 et S2, avec des intensités différentes. La sollicitation sismique maximum de conception S1 est déterminée sur la base des tremblements de terre passés, ou de tremblements de terre le long d'une faille fréquemment active. La sollicitation sismique extrême de conception S2 est calculée sur la base de tremblements de terre le long des failles moins fréquemment actives, d'un tremblement de terre dû à une structure sismo-tectonique sur le site, ou d'un tremblement de terre d'épicentre peu profond (Mj 6,5). Les déplacements au niveau du sol dus au tremblement de terre de base sont déterminés à partir des spectres de réponse et/ou par des ondes sismiques simulées.

Le guide de conception requiert que des mesures techniques soient prises pour empêcher la perte du réfrigérant primaire et pour maintenir le réacteur nucléaire dans un état d'arrêt sûr sans dégradation de ses fonctions, même si un séisme extrême de conception ou un séisme maximum de conception se produisait. Le guide exige que les forces induites par des événements naturels soient combinées de façon appropriée avec les chargements induits par un accident, en considé-

rant les relations de cause à effet et la simultanéité de ces chargements.

Les différentes installations sont classées en 4 catégories sismiques (As, A, B, C) sur la base de leur importance pour la sûreté. Par exemple, le bâtiment réacteur, la salle de commande et les circuits de refroidissement de secours sont classés A. Les équipements de classe A les plus importants sont classés As et induent la cuve du réacteur, le bâtiment de confinement du réacteur, les barres de contrôle et le système de refroidissement du réacteur à l'arrêt. Les équipements de classe B sont le bâtiment de la turbine et les systèmes de traitement de déchets radioactifs. Les autres équipements sont classés C. La conception sismique est faite en employant des méthodes correspondant à chaque classification sismique.

En outre, les accélérations subies par le réacteur lors de tremblements de terre sont contrôlées pour déclencher les systèmes d'arrêt sûr à un niveau équivalent à un tremblement de terre d'intensité V sur l'échelle de l'Agence météorologique japonaise. Les seuils de réglage pour l'arrêt de réacteur dépendent du site.

### Expérience tirée des tremblements de terre

Quand un tremblement de terre (Mj 6,5) s'est produit à Kagoshima dans l'île de Kyushu en



Centrale nucléaire d'Ikata (Japon)

En mars 1997, il a été confirmé que la centrale nucléaire de Sendai, située à 25 km de distance de l'épicentre, fonctionnait de façon sûre.

En octobre 2000, le tremblement de terre à l'ouest de Tottori (Mj 7,3) a frappé. La centrale a été mise à l'arrêt pour réaliser les inspections régulières après un tremblement de terre, qui ont montré que les systèmes et équipements de la centrale n'avaient pas été affectés. Quelques instruments de mesure des mouvements forts du sol pour l'enregistrement des accélérations équipent chaque centrale nucléaire. De tels sismographes, non affectés par les bâtiments, sont implantés verticalement à une certaine profondeur sous terre, typiquement à proximité du bâtiment réacteur. Les pics d'accélération sur le site étaient approximativement de  $0,29 \text{ m/s}^2$  (direction est-ouest) à la hauteur du radier de la tranche 1 et d'environ  $0,34 \text{ m/s}^2$  (direction nord-sud) au niveau du radier du bâtiment réacteur de la tranche 2, à une distance de 45 km de l'épicentre.

Ces accélérations mesurées au niveau du radier des centrales sont beaucoup plus basses que le niveau d'accélération ( $1,09 \text{ m/s}^2$ ) observé au niveau du sol d'un centre-ville à une distance de l'épicentre du tremblement de terre identique à celle des réacteurs.

Les niveaux d'arrêt des tranches 1 et 2 sont réglés dans les systèmes de protection des réacteurs à  $1,40 \text{ m/s}^2$  dans une direction horizontale ou  $0,7 \text{ m/s}^2$  dans une direction verticale.

### Conclusion

Les centrales nucléaires au Japon sont implantées et conçues pour être capables de résister aux événements externes majeurs. Aucun dégât dû à des tremblements de terre n'a été observé à ce jour.

Le guide de conception sera révisé dans un proche avenir pour tenir compte des nouvelles données et des connaissances acquises par les études techniques sur la sismicité.

# La prévision des phénomènes météorologiques extrêmes

par **Emmanuel Legrand**, Adjoint au directeur de la prévision de Météo-France

Les événements de la fin de l'année 1999 (inondations de l'Aude, tempêtes de Noël), ou dans l'année écoulée les inondations dans l'ouest de la France et surtout dans la Somme, nous ont rappelé que, même dans des régions de climat tempéré, l'atmosphère pouvait présenter de temps en temps un comportement extrême, et menacer l'activité voire la vie humaine. La question de savoir si les changements climatiques en cours, notamment le réchauffement de la planète, sont ou non porteurs d'une augmentation de la fréquence de ce genre de situation n'est pas tranchée par la communauté scientifique ; aussi la laisserons-nous de côté dans les lignes qui suivent. Par contre, nous nous intéresserons à la manière dont de tels phénomènes peuvent être prévus par les grands services météorologiques comme Météo-France, avec quelles difficultés mais aussi quelles pistes de progrès.

Les phénomènes météorologiques, et parmi eux les phénomènes extrêmes, peuvent être caractérisés par leurs dimensions géographiques, et, de manière souvent très liée, par leur durée de vie et l'échéance maximale à laquelle on peut espérer les prévoir. En règle quasi générale, plus les phénomènes sont « gros » (étendus dans l'espace), plus ils durent et plus on peut les prévoir longtemps à l'avance. Une tempête, dont la taille caractéristique est de l'ordre du millier de kilomètres, possède une prévisibilité de quelques jours ; celle d'un orage s'étendant sur quelques dizaines de kilomètres n'est que de quelques heures. Au-delà de ces échéances, on peut évaluer un risque de survenue, mais on ne peut plus décrire l'évolution précise d'un phénomène donné. Ainsi, les orages ne peuvent se produire que si l'environnement météorologique de plus grande échelle, lui-même prévisible un peu plus longtemps, suit certaines configurations : si une telle configuration est prévue, alors on invoquera un

risque d'orage pour la zone concernée, sans pouvoir préciser exactement où et quand les orages arriveront. Il en va de même pour les tempêtes, et plus généralement pour l'ensemble des phénomènes météorologiques. Dans l'Océan Pacifique tropical, et à un degré moindre sur le continent américain, certaines caractéristiques générales du temps peuvent parfois être prévues plusieurs mois à l'avance, en lien notamment avec la température de surface de l'océan et ses anomalies « El Niño » et « La Niña » ; en revanche, en Europe, tout signal prédictif se perd à partir d'une à deux semaines, ce qui conduit Météo-France à ne publier actuellement des prévisions que jusqu'à sept jours d'échéance.

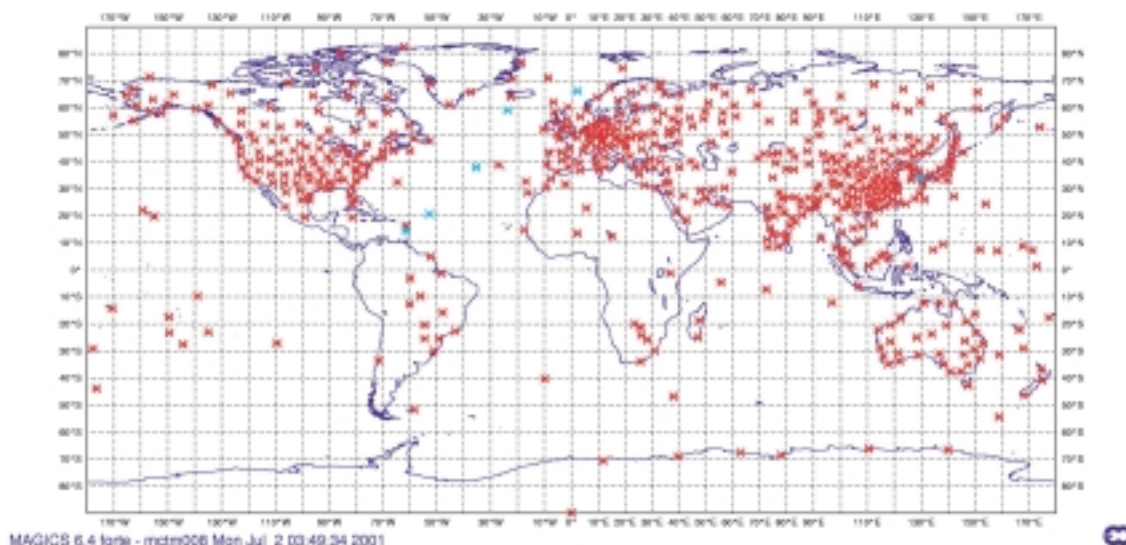
La prévisibilité réelle des phénomènes est restreinte, en plus de ces limites théoriques, par des aspects pratiques, au premier rang desquels figurent les problèmes d'observation du temps. Avant de prévoir le temps il faut savoir l'observer. Cette simple phrase semblera évidente à la majorité des lecteurs. Et pourtant... Il n'y a pas si longtemps, les cyclones tropicaux n'étaient observés que lorsqu'ils atteignaient une terre habitée ; maintenant les satellites permettent de suivre leur développement sur les océans tropicaux, ce qui aide considérablement à leur prévision. Dans l'état actuel de la technique, nous éprouvons les plus grandes difficultés à observer des phénomènes comme le brouillard ou la grêle, hormis évidemment sur le site même des stations météorologiques, ce qui rend très problématique leur prévision. Les travaux sur les techniques d'instrumentation et sur leur utilisation se poursuivent, et des progrès sont attendus dans ces domaines. Par ailleurs, l'évolution dans le temps des phénomènes météorologiques se fait sur des distances telles que, pour prévoir le temps pour demain sur la France, il faut l'observer aujourd'hui dans un rayon de plusieurs milliers de kilomètres autour du pays,

et, si l'on veut prévoir le temps pour dans quatre jours, a fortiori dans une semaine, il faut l'observer sur la planète entière ; à chaque fois l'observation à la surface terrestre est insuffisante, il faut connaître l'atmosphère dans sa dimension verticale (sur plusieurs dizaines de kilomètres). Pour illustrer cette caractéristique, citons le travail de nos collègues du service météorologique allemand, touchés autant que nous par la tempête du 26 décembre 1999 : ils ont montré à quel point les conditions observées à 5 ou 10 km au dessus de la côte est du Canada étaient déterminantes, bien plus que toute observation faite en France par exemple, pour la prévision 36 h à l'avance de cette tempête. Mais, à l'échelle de la planète, l'observation est très disparate : assez complète dans les pays développés, plus parcellaire dans les pays plus pauvres, rare dans les déserts et sur les océans. Cette situation rend la prévision du temps plus difficile : la plupart des phénomènes météorologiques touchant la France nous viennent directement de l'Atlantique, zone assez mal couverte en observations. Les progrès des satellites météorologiques conduisent, et surtout conduiront à l'avenir, à atténuer ces différences et à homogénéiser notre connaissance du temps présent.

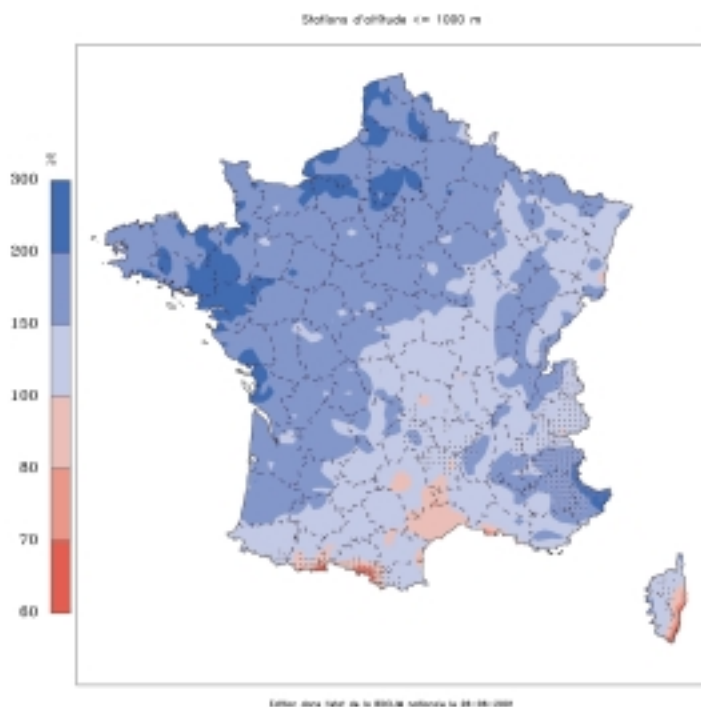
Le « prévisionniste » (météorologiste en charge d'élaborer la prévision) dispose heureusement d'un outil très puissant pour synthétiser la masse des observations disponibles à l'échelle de la planète et en déduire l'évolu-

tion de l'atmosphère : les modèles numériques de prévision du temps. Ces programmes informatiques, qui requièrent les ordinateurs les plus puissants du moment, « analysent » à l'aide des observations l'état courant de l'atmosphère et en déduisent un état prévu de celle-ci en effectuant (avec quelques approximations) les calculs dictés par les lois physiques gouvernant son évolution. Les progrès constants de ces modèles numériques, liés en grande partie aux progrès de l'informatique de pointe, contribuent de manière essentielle aux progrès de la prévision délivrée aux usagers.

Le cas des inondations spectaculaires de la Somme au début de cette année possède deux caractéristiques sur lesquelles je voudrais insister. La première, plutôt spécifique, est que son aspect exceptionnel au plan météorologique ne réside pas dans la pluie prévue ou observée au jour le jour, parfois abondante mais sans plus, mais dans l'accumulation de ces pluies sur une période de plus de 6 mois (d'octobre 2000 à avril 2001) : la prévision du temps à une semaine d'échéance, limite de ce que nous savons faire, n'a donc apporté durant cette période que des éléments très partiels sur l'évolution de la catastrophe. La deuxième illustre un point beaucoup plus général, et part du fait que d'autres régions du nord et de l'ouest de la France ont connu des cumuls de précipitations du même ordre sur cette période sans connaître les mêmes inondations. Pour dériver le risque pour l'homme, il faut souvent



Répartition des stations météorologiques dans le monde.



Par rapport à la normale des précipitations de 1961-1990 d'octobre à avril, cumuls des précipitations du 01-10-2000 au 30-04-2001.

croiser l'information météorologique avec une information connexe : dans l'exemple que nous venons de citer, le comportement des cours d'eau, qui relève de l'hydrologie ; dans certains cas, il faut faire intervenir une part d'information océanographique, comme dans le cas de la surcote de l'estuaire de la Gironde consécutive à la tempête du 27 décembre 1999, qui a conduit à l'arrêt temporaire de la centrale du Blayais ; de même, il faut invoquer la nivologie pour la prévention des avalanches ou la géologie pour celle des glissements de terrain. Les météorologistes n'ont pas vocation à traiter dans le détail tous ces aspects. Chaque pays a sa propre culture, sa propre histoire, conduisant à une délimitation particulière du champ d'activité de son service météorologique national, l'exemple le plus frappant étant celui de l'hydrologie qui est parfois incluse dans celui-ci, et parfois en est au contraire totalement disjointe. Mais dans tous les cas une bonne prévision des phénomènes dangereux d'origine météorologique requiert une bonne collaboration entre spécialistes de l'atmosphère et spécialistes de disciplines voisines.

Enfin, il ne sert pas à grand chose de réussir une prévision de phénomène exceptionnel, a fortiori si celui-ci est dangereux pour l'homme, si l'information n'est pas ou est mal mise à disposition des gens concernés, même ou surtout si cette catégorie recouvre le grand public. L'analyse rétrospective des tempêtes

de 1999 a montré que les défauts en la matière, en particulier la longueur et la complexité de la chaîne d'alerte, avaient eu un rôle bien plus important que la qualité de la prévision proprement dite dans l'insuffisante prise de conscience de la situation par le public. Aussi, une refonte des procédures d'alerte météorologique a été entreprise conjointement par Météo-France et par les organismes de l'Etat en charge de sécurité civile (au premier rang desquels la DDSC). A partir de l'automne 2001, un produit nouveau, la « carte de vigilance », sera élaboré et diffusé le plus largement possible deux fois par jour. D'une lecture aisée (4 couleurs du vert au rouge selon que le risque et le danger des phénomènes prévus sont plus ou moins marqués), intégrant des conseils de comportement conçus par la sécurité civile pour traduire les conséquences pratiques de ceux-ci, complétée par des « bulletins de suivi » donnant à fréquence élevée des détails de l'évolution en cours quand des phénomènes dangereux auront été effectivement prévus ou observés, cette carte destinée au plus grand nombre doit permettre au public d'être informé sur le risque météorologique avec l'efficacité permise par les moyens modernes de communication. Dans le même temps, les travaux de recherche se poursuivent sans relâche pour améliorer notre compréhension intime des phénomènes météorologiques extrêmes, nos outils et nos méthodes, afin d'en améliorer la prévision.

# Le risque d'inondation : l'exemple de la centrale du Blayais

par **Claude Birraux**, Député de Haute-Savoie -  
Rapporteur de l'Office parlementaire d'évaluation des choix  
scientifiques et technologiques pour la sûreté et la sécurité  
des installations nucléaires civiles

## La démarche de l'OPECST

Depuis le 2 mai 1990, je suis en charge par le biais d'une saisine de l'OPECST, renouvelée chaque année, d'analyser, entre autres, « la fiabilité des dispositifs prévus à l'intérieur et à l'extérieur des installations nucléaires pour les périodes de crise ». La démarche de l'Office s'inscrit bien dans ce cadre-là. Toutefois, les président et premier vice-président de l'Office ont souhaité, l'inondation de la centrale connue, que ce rapport puisse être élaboré dans un délai rapide, initiant par là une démarche nouvelle pour l'Office parlementaire et démontrant sa capacité de réactivité face à un événement fortuit.

Devant l'émotion suscitée localement, et parce qu'un certain nombre d'enseignements doivent d'ores et déjà être tirés, il m'est apparu préférable d'élaborer un document bref dans un délai rapide sans attendre que les experts aient achevé leur travail.

Il est une raison supplémentaire à la publication rapide de ce rapport : des défaillances insoupçonnées mais inquiétantes dans la protection des installations nucléaires civiles contre le risque d'inondation ont été mises en évidence. **Cet incident a ébranlé quelques « certitudes ». L'organisation et la conception de la sûreté et de la sécurité des centrales ont été pensées dans un environnement extérieur calme et serein ; or il est apparu que des procédures pouvaient être inopérantes dans un environnement contrarié.**

D'autre part, il est clair que l'intensité de certains risques externes a été sous-évaluée, en particulier celui des inondations, et qu'un **réexamen général est nécessaire.**

## La méthodologie

J'ai suivi la méthodologie de travail qui préside aux études de l'OPECST :

- auditions à Paris des principaux acteurs ;
- visite sur le site du Blayais et rencontre des dirigeants du site, des organisations syndicales, de la Commission locale d'information, visite de deux sites, Nogent et Penly, pour disposer d'éléments de comparaison ;
- audition ouverte à l'ensemble des parlementaires et à la presse, au Sénat ;
- consultation sur pièce des mains courantes de la DSIN, de l'IPSN, d'EDF...

Le rapport rappelle la chronologie des faits et la chronologie de la communication avant de faire l'analyse de cet incident.

La première question est celle de savoir pourquoi l'eau a pu atteindre la plate-forme de la centrale.

Le risque d'inondation d'une centrale nucléaire était considéré comme improbable. Cette certitude tombée aura de réelles vertus pédagogiques.

Le fait que des vagues en provenance de l'estuaire de la Gironde aient pu passer au-dessus de la protection signifie qu'une erreur a été commise dans la conception de la plate-forme. Cela est admis sans difficulté par EDF.

La situation insatisfaisante du site a conduit en 1984 à la construction d'une digue d'une hauteur de 5,20 m, en front de Gironde (4,75 m par rapport aux marais).

En 1997, une réévaluation des études a conduit à proposer de rehausser les 2 digues de 50 cm.



Les travaux demandés par la DRIRE, prévus en 2000, ont été repoussés en 2002 par EDF. Si les arguments techniques invoqués par EDF ont quelque pertinence, ils ne doivent en aucun cas servir d'alibi pour retarder des travaux de sécurité jugés nécessaires.

Il est quasi certain que, même avec une rehausse de 50 cm, l'eau serait passée par dessus la digue. D'autres erreurs de conception sont à relever :

- l'insuffisante résistance à l'eau des portes coupe-feu, des trémies, des traversées ;
- l'insuffisance ou la défaillance des moyens d'alerte de la présence d'eau et surtout de son importance ;
- l'inadaptation des locaux de crise à une situation qui dure 2 jours, soulignée par les représentants du personnel.

Mais il convient de souligner :

- qu'à aucun moment l'eau ne s'est trouvée au contact du combustible ;
- que le contrôle radiologique a montré que, si l'on est toujours resté en-deçà des seuils, la radioactivité de la totalité de l'eau évacuée n'a pas été mesurée.

### Les premiers enseignements

Je n'ai bien sûr ni l'autorité, ni la volonté de me substituer aux différents acteurs du

nudéaire, mais d'analyser leur comportement.

### a) Le comportement des différents acteurs durant cette crise est satisfaisant

- Au niveau du site : je dois féliciter les agents EDF qui ont traité la crise avec une grande maîtrise. La sensibilité particulière aux procédures avait sans doute bénéficié de la répétition due au bogue de l'an 2000 tant redouté, les conditions les plus stressantes étant sans doute celles liées à la tempête et à la situation de la famille des agents d'EDF.

- DSIN, DRIRE, IPSN, OPRI : en dépit des difficultés de communications, ces 4 organismes ont été réactifs en temps et en heure. Le retour d'expérience a été extrêmement rapide : l'analyse de l'IPSN sur le risque d'inondation de l'ensemble des sites nucléaires a été conduite avec célérité. L'Autorité de sûreté a elle aussi tiré rapidement les leçons de ce retour d'expérience et a fixé des objectifs précis et des échéances à l'exploitant.

- EDF a, je dois le reconnaître, fait preuve de réactivité et de sincérité - EDF n'élude pas sa responsabilité dans un événement de probabilité jugée faible et reconnaît ses erreurs - et le retour d'expérience a été immédiatement engagé sur les différents sites, venant à la rencontre des injonctions de l'Autorité de sûreté.



Centrale du Blayais

## b) Les points faibles

### Par delà le problème de la digue évoqué dans l'analyse de l'incident, d'autres points faibles sont préoccupants :

- **Le concept de défense en profondeur**, avec barrières successives, s'est révélé inopérant, certes dans une partie où le neutron n'est pas en jeu ; mais l'eau n'aurait jamais dû entrer dans l'îlot nucléaire, les dispositifs d'alerte se sont montrés sans efficacité. Il convient d'intégrer dans la réflexion sur le concept même de sûreté des éléments naturels extérieurs perturbateurs, ainsi que des installations non nucléaires mais importantes pour la sécurité, comme par exemple : le standard téléphonique de la centrale de Nogent est en zone inondable et l'isolement du site constitue un élément perturbateur supplémentaire, facteur de stress.

Il convient de faire conduire une réflexion, tant par l'exploitant chargé de mettre en œuvre le plan d'urgence interne (PUI) que par le préfet chargé de mettre en œuvre le plan particulier d'intervention (PPI), sur leurs conditions pratiques de mise en œuvre pour assurer en toutes circonstances l'accès au site des équipes d'astreinte ou de secours. Les CLI doivent être associées à la réflexion sur les PPI.

Les exercices de crise se font dans un environnement calme et serein et les équipes se concentrent « sur l'électron ». Les éléments naturels extérieurs perturbateurs doivent être intégrés aux exercices de crise et c'est un élément important que nous a appris cet incident.

S'il le faut, la législation doit être adaptée (les personnes morales - EDF - ne peuvent aujourd'hui être membre des associations syndicales de propriétaires qui gèrent les digues).

- **La communication** : les dysfonctionnements sont évidents ; le système est trop rigide, et la validation par l'échelon central des communiqués du site, une source de lourdeur et d'information filtrée dont l'effet est négatif (il est anormal que la DSIN communique avant EDF).

La commission Curien d'audit interne d'EDF sur la sûreté et la communication associée avait déjà pointé cette faiblesse et recommandé que les sites puissent informer rapi-

dement sur les faits, l'échelon central communiquant sur l'analyse de ces faits. Pour assurer la transparence, EDF doit apprendre à distinguer la communication de l'information. La simple consultation des communiqués suffit à prouver que cette distinction n'est pas intégrée.

Enfin, la communication vers les CLI doit être revue en période de crise. Une cellule ad hoc de la CLI ou son bureau doit pouvoir assurer le relais de l'information vers ses membres et vers les élus locaux.

La CLI doit être réunie aussi tôt que possible après l'incident pour recevoir l'information la plus complète de l'exploitant comme des autorités. « Certes cela dépend des élus, mais EDF doit montrer son avidité d'explications pour vaincre la timidité des élus ». De même, en interne, les instances comme le CHSCT doivent être réunies rapidement pour assurer l'information et recueillir les avis et propositions des organisations syndicales.

Enfin, lorsque les sites nucléaires relèvent de plusieurs préfectures, pour la situation de crise, l'organisation des secours, une seule préfecture est désignée pilote pour l'ensemble de la zone concernée.

### Conclusion : incident ou accident ?

Dans un domaine aussi sensible que celui de l'énergie nucléaire, l'emploi des mots justes est important pour éviter toute manipulation ou désinformation dans tous sens.

Il s'agit de qualifier précisément les dysfonctionnements qui sont intervenus dans la nuit du 27 au 28 décembre 1999.

L'inondation du bâtiment combustible n'a pas affecté le réacteur. Les vagues provoquées par la tempête ont entraîné la perte d'une des 2 voies du système de refroidissement par le fleuve du réacteur 1, ainsi que l'indisponibilité de deux systèmes de sauvegarde des réacteurs 1 et 2 (système d'injection d'eau de sécurité dans le réacteur - circuit RIS - et système d'aspersion de l'enceinte de confinement - circuit EAS). Des équipements électriques en sous-sol ont également été touchés.

Le système d'évacuation par le fleuve, qui permet d'évacuer la puissance résiduelle des réacteurs, est redondant ; une seule des

2 voies indépendantes qui le constituent permet d'assurer cette fonction, et en cas de perte totale un refroidissement par les générateurs de vapeur est possible.

Les circuits RIS et EAS ne sont sollicités qu'en situation accidentelle et ces circuits sont redondants.

Il est donc difficile de parler d'accident, mais plutôt d'incident sérieux, car à aucun

moment nous ne nous sommes trouvés en présence d'une défaillance du réacteur lui-même.

La simple honnêteté commande de souligner qu'à aucun moment il n'y a eu de risque d'accident majeur de type fusion de cœur, et qu'aucune mesure de précaution concernant la population n'a dû être envisagée.

### Les recommandations

1<sup>ère</sup> : Une réflexion doit être engagée pour assurer l'accès en toute circonstances aux centrales nucléaires en protégeant la route.

2<sup>ème</sup> : La législation doit intégrer une servitude d'accès aux centrales donnant lieu à indemnisation pour les propriétaires privés autorisant l'élagage des plantations.

3<sup>ème</sup> : L'ordonnance de 1805 sur les associations syndicales doit être modifiée pour que les personnes morales puissent y adhérer.

4<sup>ème</sup> : Repenser la communication de crise en créant une structure d'urgence au sein des CLI et en améliorant l'information du personnel

5<sup>ème</sup> : Nécessité de conclure une convention avec d'autres administrations, voire des entreprises privées, sur la mise à disposition des moyens nécessaires pour assurer l'accès aux centrales par toutes les circonstances.

# Retour d'expérience de l'inondation du Blayais de décembre 1999

par **Robert Acalet**, Ingénieur au groupe affaires parc de la direction technique de la Division production nucléaire d'EDF et **J P Bai**, adjoint au chef de la mission sûreté de la direction technique de la Division production nucléaire d'EDF

## Rappel du contexte

La tempête du 27 décembre 1999 a conduit à une inondation sur la centrale du Blayais d'une ampleur sans précédent sur un site nucléaire français. L'incident n'a pas eu de conséquences sur l'environnement et le refroidissement des réacteurs a toujours été assuré. Toutefois, cette inondation a notamment entraîné la perte de la voie A du circuit d'alimentation en eau brute (SEC) de la tranche 1 et a affecté des locaux contenant des circuits de sûreté nécessaires en cas d'accident (l'alimentation de secours en eau du circuit primaire principal et l'aspersion de l'enceinte de confinement), ce qui en fait l'un des incidents les plus sérieux de ces dernières années en termes de conséquences potentielles.

Le traitement global du retour d'expérience de l'inondation du Blayais comporte deux volets :

- un premier volet « technique/sûreté », sous la forme d'une affaire pilotée par la Division ingénierie et services ;
- un deuxième volet sur les aspects conduite, piloté par la Division production nucléaire.

## Point d'étape pour le parc en exploitation

### Volet « technique/sûreté »

#### Principes du réexamen des protections contre l'inondation

L'objectif général est le réexamen de la protection de chaque CNPE contre les risques d'inondation d'origine externe. Ce réexamen a été décomposé en 3 phases.

La 1<sup>ère</sup> phase consiste à établir, sur chaque site, un état des lieux des protections actuelles contre le risque d'inondation, par rapport au référentiel d'origine.

La 2<sup>ème</sup> phase consiste à réévaluer la méthodologie initiale d'analyse du risque d'inondation.

La 3<sup>ème</sup> phase consiste à réexaminer pour chaque site, en appliquant les méthodologies définies ou redéfinies dans la 2<sup>ème</sup> phase, la caractérisation des différents risques d'inondation et l'adéquation des moyens de protection prévus à l'origine. Cette 3<sup>ème</sup> phase se concrétise par l'élaboration d'un dossier d'étude pour chaque site, composé de 5 grandes parties :

**I - protection du site vis-à-vis des crues :** il s'agit de réactualiser la CMS<sup>1</sup> et de définir les dispositifs de protection du site contre ce risque ;

**II - protection des stations de pompage vis-à-vis de la CMS :** il s'agit de rechercher les cheminements possibles d'entrée d'eau et de définir les protections pour s'en prémunir ;

**III - protections du site vis-à-vis des autres risques d'inondations externes** (houle, tsunami, intumescences, pluies, nappe phréatique, rupture d'ouvrages...) : cette partie recense les risques susceptibles de concerner le site et définit les dispositifs de protection à retenir ;

**IV - réexamen des dispositions d'exploitation :** il s'agit de réexaminer pour chaque site les systèmes d'alerte et procédures spécifiques de conduite en cas d'inondation et de

1. CMS : cote majorée de sécurité (majorant du niveau d'eau plausible sur un site). A la conception, la CMS de chaque site est un élément déterminant pour le choix du niveau de la plateforme du site.

redéfinir ou définir ceux-ci compte tenu des différents risques d'inondation identifiés pour le site ;

**V - plan d'actions local** de chaque CNPE : il s'agit de compléter les parties précédentes du dossier de site par l'ensemble des organisations d'exploitation spécifiques de chaque site.

Deux principes fondamentaux guident les choix techniques permettant de se prémunir contre les risques identifiés :

- les protections fixes sont privilégiées chaque fois que les délais d'alerte sont courts ou que les risques vis-à-vis de la sûreté et de la disponibilité en cas d'inondation sont importants ;
- pour chaque site, au minimum, les matériels nécessaires pour amener la tranche en état d'arrêt sûr et l'y maintenir aussi longtemps que nécessaire sont protégés contre les différents risques d'inondation plausibles sur le site ; en outre, au titre de la défense en profondeur, pour l'ensemble des sites, les systèmes de sauvegarde sont systématiquement protégés contre l'ensemble des risques.

### Programmation des activités et résultats des études

#### Prévisions

La nécessité d'échelonner les études, pour des raisons de disponibilité des ressources qui en sont chargées, a conduit à classer les sites en fonction de leur sensibilité au risque d'inondation<sup>2</sup>. L'ordre de traitement ainsi obtenu est le suivant : Blayais et Gravelines ; Dampierre, Belleville, Saint-Laurent et Chinon ; Saint-Alban, Golfech, Cruas et Bugey.

Le planning d'élaboration des parties I (essentiellement le calcul des CMS) et II (vulnérabilité des stations de pompage) des dossiers de sites s'échelonne de juillet 2000 à janvier 2002.

Le planning de sortie des parties III des dossiers de sites s'échelonne d'août 2001 à octobre 2002.

2. Le classement a été principalement établi en retenant comme critère l'écart entre la cote de la plate-forme du site et la CMS actuelle.

Le planning de sortie des parties IV et V des dossiers de sites est calé 6 mois après celui des parties III tel qu'indiqué ci-dessus.

Avancement à mi-2001

L'état d'avancement est le suivant :

- la première phase a été achevée à fin 2000, conformément aux prévisions ;
- la deuxième phase est globalement achevée. Les conclusions de la revue de conception effectuée dans le cadre de la deuxième phase ont été transmises à l'Autorité de sûreté en juillet 2000. Tous les sujets qui n'ont pu être traités lors de cette revue de conception ont été examinés lors d'une revue technique complémentaire, qui a eu lieu en janvier 2001.

Par ailleurs, les documents suivants ont été transmis à l'Autorité de sûreté :

- la CMS de Blayais et les dossiers parties I de Gravelines et de Golfech en 2000 ;
- les CMS de Dampierre, Saint-Laurent, Chinon et Belleville de janvier à avril 2001.

Les études des CMS du Bugey et de Cruas sont en cours ; les résultats seront communiqués à l'Autorité de sûreté au cours du 3<sup>ème</sup> trimestre 2001.

Résultats des études et solutions techniques proposées

La CMS de Dampierre baisse sensiblement, ce qui fait que la plate-forme du site n'est plus inondable. De ce fait, EDF s'oriente vers la suppression des batardeaux mobiles d'obturation des accès de l'îlot nucléaire, gérés par la procédure H5 actuelle.

Les CMS de Saint-Laurent et Chinon restent pratiquement inchangées. De ce fait, EDF s'oriente vers le maintien des dispositifs de protection existants.

La CMS de Belleville augmente très notablement. De ce fait, EDF s'oriente vers la construction d'un dispositif de protection ceinturant tout ou partie du site ou des bâtiments de l'îlot nucléaire. Le dimensionnement de cet ouvrage nécessite des études complémentaires importantes qui ont été lancées dès le mois de mai 2001. En attendant la définition complète et la construction de cet ouvrage, il est envisagé de mettre en place avant fin 2001 des mesures palliatives, par exemple un renforcement de l'étanchéi-

té des principaux bâtiments de l'îlot nucléaire. Celles-ci interviendraient en complément des parades actuelles, qui comportent un maintien de la procédure H5 de conduite pour rejoindre un état sûr en cas d'inondation et la pose de batardeaux mobiles permettant de prévenir l'entrée d'eau dans certains locaux en cas d'inondation de la plate-forme.

L'ensemble de ces orientations pour les sites du Val de Loire, de même que les modes de calcul des CMS eux-mêmes, sont en cours de consolidation et feront l'objet d'une décision finale courant 3ème trimestre 2001. En tout état de cause, par ailleurs, ces calculs et décisions seront revus en tant que de besoin à l'issue du Groupe permanent réacteurs de novembre 2001, en fonction des recommandations qui seront formulées.

Sur l'ensemble des sites du Val de Loire, EDF étudie l'évolution du système actuel de surveillance et d'alerte en cas de crue, l'observation continue de la Loire en relation avec différents observateurs permettant à chaque site d'anticiper davantage toute évolution du débit du fleuve et de mettre en œuvre les mesures de protection et d'organisation pré-définies.

Pour Golfech et Gravelines, les études des CMS ne montrent pas d'évolution notable des valeurs. Néanmoins, un ensemble de travaux d'amélioration des protections existantes est à l'étude.

Pour Fessenheim, compte tenu de la configuration particulière de ce site (plate-forme en dessous du niveau du canal d'Alsace), la tenue de la digue du canal aux différentes agressions (de type séisme, chute d'avion, explosion et infiltration) a été vérifiée dès 1995 au titre du réexamen de sûreté. Des travaux de drainage en pied de digue sont en cours.

Par ailleurs et en application des deux principes fondamentaux énoncés ci-avant, pour ce qui est des parades aux autres aléas causes potentielles d'inondations (par exemple, pluies diluviennes), des dispositions sont étudiées au cas par cas selon les aléas et selon les spécificités de chaque site (car les besoins ne sont pas identiques), sur la base de notes de doctrine générales. On peut citer notamment :

- la création d'un périmètre de protection des bâtiments nécessaires pour amener la tranche en état d'arrêt sûr et l'y maintenir, avec bouchage de tous les passages potentiels d'eau (trous, trémies...) jusqu'à un certain niveau sur ledit périmètre ;
- le redimensionnement des systèmes d'exhaure ;
- l'installation de dispositifs limiteurs de débit sur des points particuliers de circuits susceptibles de rupture ;
- la modification des programmes de maintenance des ouvrages impliqués dans la protection contre l'inondation, ainsi que des procédures d'exploitation des tranches (gestion des ouvertures/fermetures des trémies...).

### Volet « gestion de la crise »

#### Principes

Ce volet traite des enseignements du REX de la tempête de décembre 1999 en matière de plan d'urgence interne (PUI) et d'organisation de crise. L'analyse de la gestion de crise du Blayais a conduit à identifier sept axes de travail et à engager à court terme certaines actions sur les sites : prévention des risques d'isolement des sites, déclenchement du PUI, conduite incidentelle simultanément sur plusieurs tranches d'un même site, maîtrise des interventions et de la logistique, amélioration de la gestion médiatique des crises, fiabilisation des moyens de télécommunication, renforcement de l'assistance au site en crise.

La maquette nationale<sup>3</sup> du PUI intégrera l'ensemble des dispositions issues des actions ci-dessus.

#### Etat d'avancement

Globalement, l'avancement des actions est actuellement cohérent avec ce qui avait été annoncé à l'Autorité de sûreté. La maquette nationale du PUI sera terminée pour fin 2001.

#### Relations avec l'Autorité de sûreté

Le suivi de ce dossier avec l'Autorité de sûreté fait l'objet de réunions régulières traitant

3. Guide de gestion de crise pour les équipes nationales et locales.

d'une part du plan d'actions post-inondation du Blayais et notamment des engagements pris par EDF, et d'autre part de la préparation du Groupe permanent réacteurs prévu en novembre 2001, qui doit examiner la nouvelle démarche générale d'EDF relative aux inondations externes ainsi que le plan d'actions qui en est découlé et ses premiers résultats d'application à deux ou trois sites.

Par ailleurs, dans un courrier du 9 mai 2001, l'Autorité de sûreté a formulé certaines exigences pour ce qui concerne l'état des lieux des tranches et les remises en conformité, ainsi que le plan d'actions inondations. L'essentiel des demandes devrait pouvoir être satisfait globalement dans les délais attendus.

### Situation du site du Blayais

Les actions ont été engagées en deux étapes.

La première s'est achevée en mai 2000 ; elle concernait les travaux et dispositions permettant le redémarrage des tranches.

La deuxième étape concerne la réalisation de travaux destinés à améliorer la défense

contre l'inondation. Ces travaux ont fait l'objet d'engagements auprès de l'Autorité de sûreté ; le point des travaux est le suivant :

- côté Gironde : l'ensemble digue-mur a été achevé en mars 2001 conformément à l'engagement pris (le mur anti-houle a une hauteur de 2,3 m au-dessus de la digue, d'où une cote de 8,5 m pour l'ensemble de l'ouvrage) ;
- côté marais : les risques de franchissement du clapot sont à l'étude afin de définir le mode de protection (enrochement des digues..).

En parallèle, la procédure d'alerte et de repli des tranches en cas de risque d'inondation a été remise à niveau. Compte tenu des dispositifs de protection du site réalisés, l'Autorité de sûreté a accepté une relaxation des critères d'entrée dans cette procédure afin d'éviter des replis des tranches trop fréquents et surabondants.

Par ailleurs, les discussions avec l'Autorité de sûreté se poursuivent en vue d'obtenir une approbation formelle de la valeur de la CMS et de la hauteur définitive du mur anti-houle.



Sommet de la digue avec le mur anti-houle en construction

# Les leçons de l'inondation du Blayais

par Jacques Maugein, Président délégué de la CLI du Blayais

« Si la tempête de décembre dernier a provoqué, en Gironde, une situation inédite à bien des égards, il n'est alors pas surprenant que le CNPE du Blayais ait aussi été soumis à des aléas exceptionnels. (...) S'il y a eu défaillance dans la gestion de la crise, c'est principalement en termes de communication qu'elle se situe. Je crois que cela nous invite très clairement à donner aux membres de la Commission locale d'information tous les moyens de ne plus jamais vivre au rythme de messages brouillés... »

Tels étaient les termes du président du Conseil général de la Gironde, président de la CLI du Blayais, dans l'éditorial du bulletin semestriel d'information de la CLI paru après la tempête.

A partir du mois de mars 2000, Philippe Plisson, conseiller général du canton de Saint-Ciers-sur-Gironde, a assuré la délégation du président du Conseil général à la présidence de la CLI.

Le bureau s'est alors saisi des dysfonctionnements de la communication en période de crise. Il a réaffirmé la position constante de la CLI qui ne peut pas apparaître comme l'instrument de caution du système de production d'électricité nucléaire. En ce sens, la CLI affirme la nécessité de préserver un espace de liberté d'expression tenant compte de la pluralité des opinions de tous ses partenaires. Elle exprime une position ou une analyse après avoir eu connaissance de l'interprétation scientifique et technique des faits justifiant une information.

Les conclusions du rapport Birraux et de la commission parlementaire chargée d'enquêter sur les incidents survenus au CNPE du Blayais ont, par ailleurs, montré l'intérêt d'associer la CLI à l'examen des faits.

Pour sa part, la CLI du Blayais a estimé que, en pareille situation, il ne relevait pas de sa mission de communiquer sur les faits « en temps réel », ce rôle revenant aux autorités en lien avec l'exploitant. Par contre, le bureau de la CLI a pris la mesure de son

devoir de se mobiliser dès la survenue d'un incident significatif. Et de la nécessité de pouvoir se saisir des informations, les analyser, interroger autant que nécessaire l'exploitant, les autorités, et au-delà des acteurs tels l'OPRI ou tout autre expert indépendant. C'est au vu de ces informations factuelles et de ses investigations que la CLI pourra alors, par la voie de son bureau, communiquer et agir selon son appréciation de la situation.

A cet égard, toute réaction de la CLI dans le cadre d'un incident survenu au CNPE implique une gestion du temps de réaction. Il est admis qu'en effet tout message d'information faisant l'objet d'un communiqué de presse - moyen entre autres retenu par la CLI du Blayais -, doit être diffusé dans un délai de 24 à 48 heures maximum après un incident significatif.

Le bureau de la CLI pourra en fonction des événements réunir une assemblée générale de la Commission. Il pourra également décider de se déplacer sur le site pour jouer le rôle d'observateur et être mieux à même de remplir ensuite sa mission d'information.

Il s'agit d'assurer la mission d'un pôle d'information indépendant, fonctionnel dès le premier constat d'incident établi et capable de jouer son rôle d'information et de communication.

La CLI a donc mis en place de nouvelles règles de fonctionnement, avec le concours de l'Autorité de sûreté et de la direction de la centrale qui a pleinement souscrit à cette démarche. Ces nouvelles règles de fonctionnement concernent en premier lieu l'information sur les incidents touchant le site. La direction de la centrale s'est engagée à prévenir directement et systématiquement les membres du bureau de la CLI quel que soit le niveau ou l'importance de l'événement.

En termes de moyens, le bureau de la CLI a décidé de se doter d'une conférence téléphonique - vecteur de réactivité à la CLI - mobilisable dans l'instant.



Plus largement et pour démultiplier sa communication, la CLI a décidé de modifier sensiblement la diffusion de son bulletin d'information : « REACTEUR » est désormais tiré à 58 000 exemplaires (contre 3 000 auparavant), dont 55 000 exemplaires sont distribués auprès de chaque foyer de Gironde et de Charente-Maritime situé dans un rayon de 30 km autour de la centrale.

Ces événements et réflexions ont raffermi les capacités d'anticipation de la CLI. Sur proposition du collectif antinudéaire girondin, la CLI a décidé de réaliser une expertise radioécologique indépendante du CNPE du Blayais. Sur la base d'une étude critique des données recueillies ces dix dernières années en matière de surveillance radiologique, l'expertise proposera à la CLI, le cas échéant, des investigations complémentaires. Cette expertise, réalisée par la CRIIRAD, rendra ses conclusions d'ici la fin 2001. La CLI en assurera la communication.

De même, la CLI a organisé en septembre 2000 deux réunions publiques d'information -une en rive droite de l'estuaire de la Gironde, l'autre en rive gauche- dans le cadre du renouvellement des boîtes de comprimés d'iode. Ces réunions ont été entre autres l'occasion d'expliquer le risque nucléaire et son corollaire, la prévention.

La CLI suit et participe à la révision en cours du plan particulier d'intervention du CNPE.

Elle suivra également les travaux liés à la reconduction des arrêtés préfectoraux d'autorisation de pompages et de rejets d'eau dans l'estuaire. Sur ces deux derniers dossiers, elle s'associera aux phases d'enquêtes publiques.

Enfin, dans la perspective de la deuxième révision décennale des deux premières tranches du CNPE du Blayais, prévue pour début 2003, la CLI a d'ores et déjà décidé de réaliser simultanément une expertise indépendante sur les cuves des réacteurs concernés, à l'instar de ce qui s'est fait récemment au CNPE de Fessenheim. Il s'agit notamment d'en apprécier le niveau d'usure.

Enfin, et dans la perspective de mieux cibler sa communication future, la CLI réfléchit à l'opportunité de lancer une enquête d'opinion auprès de la population locale du Blayais.



# L'ouragan Andrew - un événement externe, son impact sur la centrale nucléaire de Turkey Point et les enseignements tirés

par **Kahton N. Jabbour, Project Manager - Turkey Point - Division of licensing project management - Office of nuclear reactor regulation - US NRC (Autorité de sûreté des USA)**

## Introduction et contexte de l'événement

La centrale de Turkey Point, située sur les côtes de Biscayne Bay à environ 40 kilomètres au sud de Miami en Floride, est équipée de quatre tranches : les tranches 1 et 2 sont à combustible fossile (fuel), les tranches 3 et 4 sont des réacteurs à eau légère sous pression. Le propriétaire et exploitant en est la Florida Power and Light Company (FPL). Historiquement, la région est soumise à des tempêtes tropicales annuelles et à des vents qui, tous les 7 ans, atteignent la force d'un ouragan.

Le 24 août 1992, à 04h00, un ouragan d'intensité 4 (sur une échelle graduée de 1 à 5 pour la plus forte intensité), baptisé Andrew, passait directement sur la centrale de Turkey Point avec des vents orientés à l'ouest de 230 km/h et des rafales d'au moins 280 km/h. L'ouragan Andrew est historique à cause de son impact significatif sur une centrale nucléaire commerciale.

## Préparation à l'approche de l'ouragan

En prévision de l'ouragan annoncé, l'exploitant avait préparé ses propres procédures pour faire face à des conditions météorologiques extrêmes. Ces procédures imposent que la centrale soit mise en état d'arrêt (c'est-à-dire en mode 4 : réacteur en arrêt à chaud) au moins 2 heures avant l'arrivée sur le site des vents correspondant à la force d'un ouragan. Toutefois, l'exploitant, estimant qu'il lui faudrait approximativement 8 heures pour être aux conditions d'arrêt, avait commencé la mise à l'arrêt environ 12 heures avant l'ar-

rivée prévue de l'ouragan Andrew. Ainsi, les deux tranches étaient en mode 4 lorsqu'Andrew a frappé et le système normal de refroidissement de chaque réacteur était en service bien avant que les vents de la force de l'ouragan n'arrivent sur le site. De plus, les mesures prises par l'exploitant incluaient notamment le remplissage au maximum des réservoirs de fuel pour les générateurs diesel de secours et le nettoyage des zones extérieures de la centrale pour enlever tous les projectiles potentiels et les conteneurs de matériaux faiblement radioactifs. Les mesures prises par l'Autorité de sûreté nucléaire américaine (US NRC) comportaient une préparation détaillée des inspecteurs résidants, leur présence sur le site pendant l'événement, ainsi que l'activation, en mode surveillance, du Centre de crise d'Atlanta, en Géorgie, avant l'arrivée de l'ouragan.

## Impact sur la centrale

L'ouragan a causé la perte totale des sources externes d'alimentation électrique du site pendant plus de 5 jours. Les diesels de secours ont démarré automatiquement et assuré l'alimentation des systèmes de sûreté ainsi que le maintien des tranches en mode 4 jusqu'au rétablissement des sources électriques externes.

Malgré l'intensité de l'ouragan et l'âge de la centrale (Turkey Point est une des plus vieilles centrales des Etats-Unis), les dégâts sur le site ont été limités aux systèmes de protection contre l'incendie et à leurs composants, ainsi qu'à des structures et des systèmes non liés à la sûreté (ateliers et structures de bureaux). La partie nucléaire du site comprenant les

structures de classe 1 (c'est-à-dire celles conçues en accord avec le Titre 10 du Code of Federal Regulations et les critères généraux pour la protection contre les phénomènes naturels, y compris les tremblements de terre, les ouragans et les tornades) n'a subi que très peu de dommages, comme une intrusion d'eau en faible quantité et quelques dégâts de calorifuges et de peinture. Les tranches de Turkey Point sont restées dans des conditions stables et ont fonctionné comme prévu par la conception.

L'ouragan a causé quelques dégâts aux structures, systèmes et composants conventionnels. La plupart des dégâts sont dus à un équipement, classé non de sûreté, endommagé qui a, à son tour, endommagé un autre équipement important. C'est le cas, par exemple, d'un haut réservoir d'eau qui, en s'effondrant sur un réservoir d'eau brute, a provoqué la perte de ce dernier. Il a aussi détruit le collecteur d'alimentation de la ligne d'eau principale d'un autre réservoir d'eau brute, provoquant sa vidange. Le réservoir d'eau d'une contenance de 380 000 litres qui fait partie du système d'eau brute était soutenu par quatre pieds tubulaires en acier et la hauteur du sol au sommet du réservoir était d'environ 50 m. La pompe électrique du système de protection contre l'incendie a été détruite et le contrôleur de la pompe d'incendie a été endommagé, rendant la pompe alimentée par un moteur diesel indisponible. Les deux pompes qui assurent la pressurisation du collecteur d'alimentation ont été aussi endommagées et ne pouvaient plus fonctionner. Ces défaillances ont entraîné la perte du système de lutte contre l'incendie, ce qui a conduit l'exploitant à déclarer une ALERTE (classification d'urgence) le 24 août. La priorité a été donnée à la restauration du système, et l'exploitant a constitué une équipe spéciale chargée de rétablir l'eau d'incendie par une réparation provisoire du système de production d'eau d'incendie. Des pompes d'exhaure, alimentées par moteur diesel, qui avaient été montées avant la tempête, ont été utilisées comme pompes portatives d'incendie. L'alimentation provisoire en eau d'incendie a été entièrement réalisée le 27 août et l'utilisation de la pompe d'incendie alimentée par diesel ainsi que l'alimentation en eau ont été récupérées le 28 août. Les dommages causés par l'ouragan Andrew n'ont pas provoqué

d'incendie exigeant l'utilisation d'équipement de lutte contre l'incendie.

Le système de sécurité a subi des dommages importants sur l'éclairage, les caméras, les équipements de détection d'intrusion, la clôture de protection du site et le bâtiment d'accès. Les agents chargés de la sécurité ont effectué des patrouilles pour compenser la perte d'intégrité physique de la zone protégée et, le 29 août, les clôtures étaient rétablies dans la plupart des secteurs.

Pendant la tempête, toutes les communications avec l'extérieur ont été perdues pendant environ 4 heures ; les routes d'accès au site étaient bloquées par des arbres et des pylônes. Des hélicoptères et des équipements portatifs de communication ont été employés jusqu'à ce que les routes d'accès et des communications plus permanentes soient rétablies le 25 août, environ 28 heures après l'événement. Après le rétablissement des communications, l'exploitant a pu notifier aux agences gouvernementales locales qu'une ALERTE avait été déclarée sur la centrale.

### **Examen individuel de la protection de la centrale contre les agressions externes**

En juin 1991, l'exploitant avait soumis à la NRC un dossier d'examen individuel de la centrale (IPE : Individual Plant Examination) sur les agressions internes. Cet examen comportait aussi les résultats de l'analyse de l'exploitant sur les agressions externes causées par le vent et l'incendie.

Pour déterminer la sensibilité du site aux risques liés aux vents, les calculs de défaillance de la cheminée de la tranche 1 de Turkey Point (tranche alimentée au fuel) étaient basés sur une vitesse du vent de 230 km/h. Des structures et équipements divers, susceptibles d'être endommagés par la défaillance de la cheminée, ont été identifiés. Les défaillances de ces structures et équipements ont été prises en compte et les probabilités d'endommagement du cœur calculées. Dans tous les cas, la probabilité étant inférieure à  $10^{-7}$  (1 sur dix millions), aucune mesure complémentaire n'a été considérée. En fait, la cheminée de la tranche 1 a été gravement endommagée alors que celle de la tranche 2 n'a eu que quelques petites fissures, sans dégât structurel important. A cause des dom-

mages importants, la cheminée de la tranche 1 a été démolie le 4 septembre 1992, en utilisant des techniques de démolition par explosions contrôlées.

L'analyse d'un ouragan réalisée pour l'IPE avait conclu que la montée des eaux (6 m) dominait tous les autres risques présentés par l'ouragan. En conséquence, quelques modifications ont été identifiées : par exemple, des modifications ont été réalisées en vue d'améliorer la protection contre les inondations en cas d'ouvertures de portes et un mur de protection du système de réfrigération intermédiaire a été installé. Ces modifications avaient été réalisées avant l'ouragan. De plus, l'exploitant a publié une révision (août 1992) de sa « procédure d'urgences naturelles » qui induit des instructions spécifiques à appliquer en cas d'ouragan de classe 5. Cette procédure a été employée lors de la préparation du site pour l'ouragan Andrew.

### Enseignements tirés

Une équipe NRC/industrie a été formée pour évaluer les dégâts causés par l'ouragan sur les tranches nucléaires, les actions prises par l'exploitant pour se préparer à la tempête et y remédier, et pour rassembler les leçons susceptibles de bénéficier à d'autres centrales nucléaires. Les résultats de l'examen de cette équipe font l'objet d'un rapport « Les effets de l'ouragan Andrew sur la centrale électrique nucléaire de Turkey Point du 20 au 30 août 1992 » publié en mars 1993. Ce rapport a été distribué à tous les exploitants de réacteurs nucléaires de puissance par l'« Institute of Nuclear Power Operations » le 10 juin 1993. Les problèmes et enseignements tirés sont récapitulés ci-dessous.

#### 1) Adéquation du passage à l'arrêt de la centrale en prévision d'un ouragan

Les procédures de Turkey Point, pour la mise à l'arrêt en prévision d'un ouragan, requièrent que la centrale soit en état d'arrêt à chaud au moins 2 heures avant l'arrivée des vents correspondant à un ouragan. Cependant, l'exploitant a commencé la mise à l'arrêt environ 12 heures avant l'arrivée prévue de l'ouragan Andrew. En conséquence, les deux tranches étaient en arrêt à chaud alors que la règle de la NRC relative à une perte totale d'alimentation électrique

demande que l'exploitant commence la mise à l'arrêt au moins 2 heures avant l'arrivée des vents correspondant à un ouragan. Ainsi, le respect des exigences imposées à l'exploitant aurait conduit le site à se retrouver avec 2 tranches en cours d'arrêt au moment de la perte totale des alimentations électriques externes.

#### 2) Adéquation de la communication externe de l'exploitant en cas de catastrophe naturelle

Malgré l'existence sur le site d'équipements de communication diversifiés et redondants, les communications avec l'extérieur ont été perdues pendant la tempête. Ceci est dû à un mode commun de vulnérabilité aux vents. Le service téléphonique normal du site, les lignes téléphoniques commerciales alimentant la salle de commande, le centre de support technique, la salle des opérations d'urgence ainsi que le système fédéral de téléphone utilisés pour communiquer avec le Centre des opérations de la NRC ont tous été perdus. Le système téléphonique cellulaire a été perdu, les stations de relais du système étant gravement endommagées. Toutes les communications ont été perdues pendant environ 4 heures durant la tempête et des communications fiables n'ont pu être rétablies qu'environ 24 heures après. Un système de communications par satellite provisoire, fourni par la NRC, a considérablement facilité les actions de remise en état ; il aurait été encore plus efficace s'il avait été sur place avant la tempête.

#### 3) Adéquation des mesures compensatoires pour les équipements et installations non conçus pour un ouragan

Un nombre de systèmes importants, de structures, d'installations pour la sécurité et de réponse aux situations de crise, pour le contrôle et le stockage des effluents, pour l'entreposage des déchets de faible activité, n'ont pas été conçus pour des vents de la force d'un ouragan et ont été, ou auraient pu être, sévèrement endommagés pendant la tempête. Prévoyant que ces équipements et installations pourraient être indisponibles, l'exploitant a pris des mesures compensatoires avant puis après la tempête. Par exemple, après la tempête, les forces de sécurité ont effectué des patrouilles pour com-

penser la perte de sécurité physique de la zone contrôlée. Des équipements portatifs de dosimétrie et d'échantillonnage de l'air étaient disponibles pour compenser la perte des stations de prélèvements, d'air. Avant la tempête, les matériaux radioactifs, incluant des déchets actifs secs, ont été placés en sécurité dans des conteneurs « SeaLand » et un conteneur à haute intégrité a été employé pour des résines solidifiées. Ainsi, les déchets radioactifs ont été protégés efficacement contre les effets de la tempête. Ces actions ont empêché la dispersion de déchets radioactifs de faible activité pendant la tempête. Cependant, à cause des dégâts de la tempête sur la cheminée et son conduit, une voie importante de rejets radioactifs n'aurait pas pu être contrôlée en cas de besoin.

#### 4) Préparatifs anticipés

Turkey Point a largement profité de l'expérience acquise par le personnel du site lors d'ouragans antérieurs et d'une planification importante dans la préparation et la mise en place des procédures de plan d'urgence. Ces procédures ont été étendues de façon importante après les résultats obtenus à la suite de l'examen individuel (IPE) de Turkey Point. De plus, l'utilisation du simulateur du site pour

l'entraînement des opérateurs juste avant la tempête a permis qu'ils soient particulièrement en alerte vis-à-vis des transitoires susceptibles de se produire.

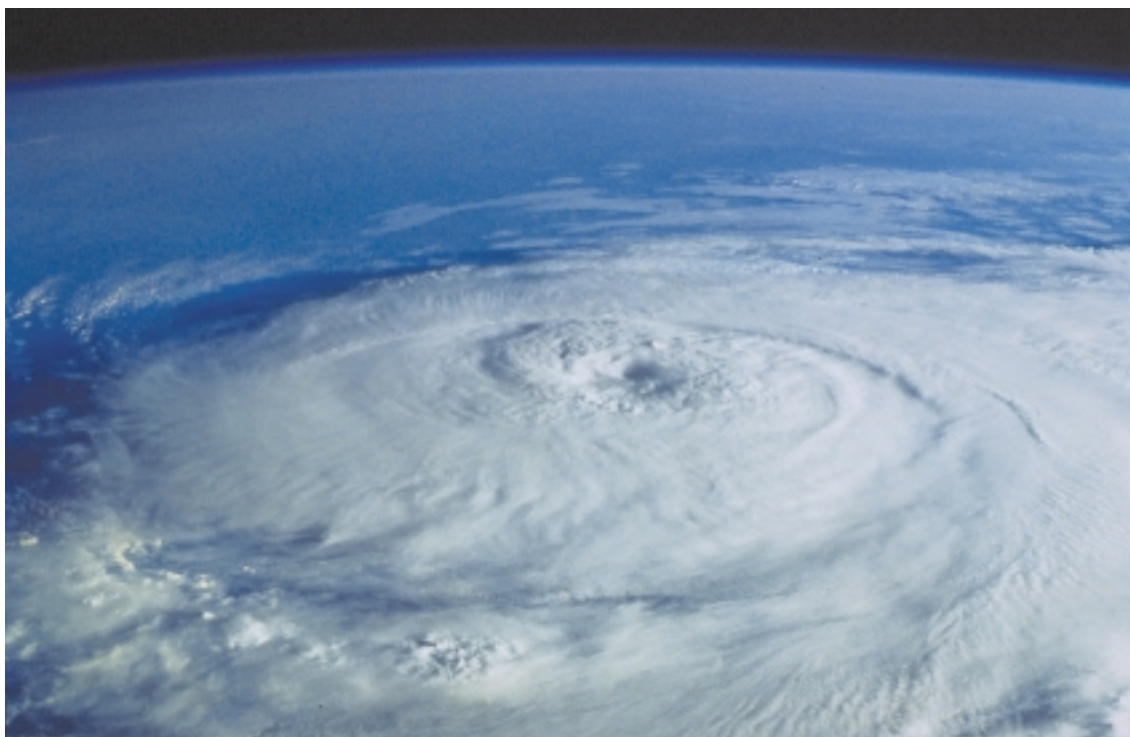
#### 5) Impact de l'endommagement des équipements non classés de sûreté sur des équipements importants

Pendant la tempête, des équipements endommagés, non classés de sûreté, ont, à leur tour, endommagé certains équipements importants. Par exemple, un réservoir d'eau s'est effondré sur le système d'alimentation en eau d'incendie, rendant le système de protection contre l'incendie du site indisponible. De plus, la tempête a menacé certains équipements liés à la sûreté (par exemple, l'écroulement potentiel de la cheminée de la tranche 1 sur le bâtiment du générateur diesel).

#### Références

[1] "Report on the Effect of Hurricane Andrew on the Turkey Point Nuclear Generating Station from August 20-30, 1992", by the team that the Institute of Nuclear Power Operations and NRC jointly sponsored, March 10, 1993.

[2] NRC Information Notice 93-53: "Effect of Hurricane Andrew on Turkey Point Nuclear Generating Station and Lessons Learned", F. Hebdon. July 20, 1993.



Ouragan - Golfe du Mexique

# La prise en compte des tempêtes dans la conception des réseaux électriques : le retour d'expérience des tempêtes de décembre 1999

**Par Jean-Philippe Bonnet, Chef du bureau réseaux - Service de l'électricité - Direction du gaz, de l'électricité et du charbon - Secrétariat d'Etat à l'industrie**

La fragilité des réseaux électriques face aux événements météorologiques violents est un fait connu, se révélant notamment à l'occasion des épisodes de « neige collante » tels que celui qui a frappé le Var et les départements voisins au début de cette année. Ce type d'intempéries reste toutefois très localisé. Il se produit de manière récurrente dans les mêmes zones et peut donc donner lieu à des mesures spéciales de protection des réseaux.

Les deux tempêtes de décembre 1999, dont les vitesses de pointe ont dépassé les 180 km/h, ont été exceptionnelles à la fois par la violence des éléments météorologiques et par l'étendue du territoire national qui en a subi les conséquences. Si l'on en croit les statistiques disponibles en France en termes de chablis (bois abattu par le vent), c'est l'événement météorologique le plus marquant du millénaire. Ces deux tempêtes ont révélé plusieurs points de fragilité des réseaux électriques, soit liés aux caractéristiques techniques des ouvrages, soit de nature plus systémique. Une réflexion a été rapidement engagée pour adapter les normes de construction et élaborer un programme de sécurisation de nature à limiter à l'avenir l'impact de tels événements climatiques sur le système électrique.

## **L'impact des tempêtes sur le système électrique**

Si les dégâts purement matériels sur les réseaux électriques ont été en fait relativement limités, leurs conséquences sur le fonctionnement du réseau et l'alimentation des usagers ont été particulièrement lourdes.

Après le passage de la deuxième tempête, près du quart du réseau de grand transport était indisponible et le nombre d'abonnés non alimentés a culminé à 3,5 millions, soit plus de 10 % des usagers français.

En ce qui concerne les réseaux à basse et moyenne tensions, les dégâts matériels concernent environ 1 % du kilométrage national. Dans la très grande majorité des cas, c'est la chute d'arbres sur les lignes qui est à l'origine de ces dégâts.

En ce qui concerne les réseaux à haute et très haute tension, qui assurent l'interconnexion des grands moyens de production et alimentent les réseaux de distribution, les tempêtes ont particulièrement mis en évidence le risque d'effondrement en cascade de ces réseaux. Ainsi, environ quatre pylônes sur mille en moyenne ont été endommagés, soit sous l'effet direct du vent, soit en raison des chocs causés par les débris emportés par la tempête. Dans certains cas, l'effondrement d'un seul pylône a entraîné en cascade une longueur importante de l'ouvrage. Ce phénomène s'est notamment produit sur des lignes construites dans un souci poussé d'optimisation économique, et constituées de pylônes dimensionnés pour supporter essentiellement les efforts verticaux liés au poids des câbles, mais pas les efforts transversaux qui ont résulté de la ruine successive des pylônes.

Les deux tempêtes ayant traversé la France d'ouest en est, plusieurs axes importants du réseau de transport d'électricité se sont retrouvés hors service. Au prix parfois de son découpage en plusieurs morceaux indépendants, le réseau de transport ne s'est toutefois pas effondré et la plupart des principales

centrales de production n'ont pas eu à se découpler. Les conditions d'exploitation de ces centrales se sont toutefois souvent fortement dégradées. Ainsi, la centrale de Nogent a dû fonctionner en réseau séparé pendant deux heures au matin du 26 décembre ; la centrale de Cattenom a vu sa production fortement limitée et a dû faire face à des problèmes de stabilité dynamique. La centrale de Flamanville a également vu sa production limitée jusqu'au 7 janvier, date de mise en service d'une liaison provisoire. Après la deuxième tempête, un réseau séparé s'est constitué autour de Bordeaux, alimenté par la seule première tranche de la centrale du Blayais, ainsi qu'autour de Toulouse, alimenté par les tranches n°1 et 2 de la centrale de Golfech.



### Le retour d'expérience

Très rapidement, une réflexion a été engagée pour définir des moyens de renforcer la sécurité des réseaux contre ce type d'événements climatiques. Le Conseil général des mines a été chargé par le secrétaire d'Etat à l'industrie d'une mission visant à élaborer une démarche de sécurisation qui soit économiquement proportionnée au dommage subi par la collectivité nationale. Simultanément, EDF a engagé une démarche de retour d'expérience sur la manière dont l'entreprise avait géré la crise et sur les moyens de se prémunir contre de tels incidents ou, du moins, d'en limiter les conséquences sur la clientèle. Enfin, à la demande du secrétaire d'Etat à l'industrie, le comité technique de l'électricité a été chargé de

rechercher les moyens réglementaires d'améliorer la résistance mécanique des ouvrages.

### Le traitement des points de fragilité des ouvrages

L'effet direct du vent a été responsable de la ruine des pylônes dans environ 25 % des cas. De nouvelles exigences techniques réglementaires ont donc été définies, visant à renforcer la résistance au vent des ouvrages par la prise en compte d'hypothèses de dimensionnement plus défavorables que par le passé.

Un nombre non négligeable de lignes à haute et très haute tension, construites essentiellement dans les années 1970, s'est révélé être particulièrement exposé au risque d'effondrement en cascade mentionné plus haut. Ces lignes seront traitées par l'implantation, à intervalle maximal de cinq kilomètres, de pylônes dits « d'arrêt », susceptibles de résister à des efforts transversaux plus importants. Par ailleurs, la tempête a révélé l'existence de malfaçons dans la réalisation des fondations de certains ouvrages. Des vérifications devront donc être entreprises sur les ouvrages existants pour évaluer les risques liés à ces malfaçons. Enfin, la gestion de l'élagage, notamment dans les tranchées aménagées pour le passage des lignes en forêts, a été réexaminée.

En ce qui concerne les réseaux de distribution, 85 % des incidents constatés ont été dus à des chutes de branches ou d'arbres sur les lignes. La priorité dégagée consiste donc à protéger les lignes à moyenne tension, qui constituent les ossatures des réseaux de distribution, notamment lorsque celles-ci sont situées en zone boisée. Ceci passera soit par l'enfouissement de ces réseaux soit par le contournement des zones boisées.

Enfin, le Conseil général des mines a noté la grande fragilité des lignes à basse tension en technique dite « fil nu ». La construction de ce type d'ouvrage était déjà interdite, essentiellement pour des raisons liées aux risques d'électrocution. Compte tenu du rythme de renouvellement encore relativement lent de ces ouvrages, le stock existant se monte toutefois encore à près de 150 000 kilomètres. La résorption de ce stock passera par leur reconstruction soit en souterrain, soit en utilisant des fils dits « isolés torsadés » qui per-



mettent d'assurer la continuité de l'alimentation en cas de chute des supports.

### **Assurer une remise en service rapide du réseau**

Au-delà des mesures visant à réduire l'exposition des ouvrages au risque de ruine, la conception générale des réseaux et de leur exploitation devra permettre de rétablir plus rapidement l'alimentation après un tel événement climatique.

En ce qui concerne le réseau de transport, chaque poste-source devrait disposer d'une ligne d'alimentation sécurisée conçue pour résister à des vents équivalents à ceux des tempêtes de 1999. Si les événements devaient être encore plus violents, les lignes ruinées devront pouvoir être remises en service en moins de 5 jours. Ceci passe par le maintien d'un stock de lignes de secours ainsi que des compétences nécessaires pour les mettre en œuvre. Un groupe d'intervention prioritaire (GIP) a été constitué autour de près de 1600 agents d'EDF et d'entreprises prestataires mobilisables en moins d'une demi-journée.

Pour les réseaux de distribution, le retour d'expérience conduit par EDF fixe comme objectifs à l'entreprise de sécuriser l'alimentation de 36 000 points répartis sur l'ensemble du territoire métropolitain et de faire en sorte que, à l'horizon 2005, lors d'une tempête identique, 95 % des clients puissent être réalimentés en 5 jours. Dans ce but, l'en-

treprise s'est également dotée d'une force d'intervention rapide électricité (FIRE) apte à faire face à des événements graves dépassant le cadre et les capacités de dépannage habituels. Cette organisation peut intervenir sur tout le territoire national et éventuellement à l'étranger. La FIRE repose sur la mobilisation de près de 2300 agents de l'entreprise ayant les compétences nécessaires pour assurer la réalimentation des réseaux dans les plus brefs délais. Ces équipes emmènent avec elles tous les véhicules, les engins et l'outillage leur permettant de travailler de façon autonome dès leur arrivée sur la zone sinistrée. Enfin, de façon à permettre la mise en place d'alimentations provisoires, EDF peut mobiliser un parc de plus de 2000 groupes électrogènes.

### **La question de l'enfouissement**

De manière générale, le rapport du Conseil général des mines a souligné la supériorité technique et environnementale de l'enfouissement pour tous les types de réseaux mais rappelle les différences de coût encore notables en défaveur de l'enfouissement, notamment pour les réseaux à haute tension, et certains inconvénients tels que la sensibilité aux inondations. Les réflexions menées ont conduit à dégager les contours techniques et financiers d'un programme de renforcement des réseaux électriques qui pourrait s'étaler sur quinze ans. Compte tenu du coût des tempêtes pour la collectivité nationale (35 à 40 milliards de francs) et du taux



de retour probable de tels événements (50 à 100 ans), le Conseil général des mines considère qu'il n'y a pas lieu de consacrer plus de 3 milliards de francs par an à ce programme. A l'exception de la moyenne tension, la recherche d'une utilisation optimale de cette enveloppe à la seule fin de la sécurisation des réseaux électriques conduirait en pratique à privilégier le renforcement des réseaux en technique aérienne.

Il convient toutefois de ne pas négliger les préoccupations de préservation des paysages et du cadre de vie. En basse tension, le Conseil général des mines envisage que, par souci esthétique, près de 30 milliards de francs supplémentaires puissent être consacrés, sur 25 ans, à l'enfouissement d'une partie du stock des réseaux à basse tension. Pour le réseau de transport, la réflexion porte principalement sur la possibilité d'enfouir plus systématiquement les nouveaux réseaux dans la périphérie des grandes agglomérations. Ce type de mesure aurait des conséquences financières lourdes sur l'ensemble des acteurs du système électrique et fait actuellement l'objet de discussions approfondies.

Les premières conclusions du retour d'expérience, notamment lorsqu'elles rejoignent des préoccupations liées à l'enfouissement, seront prises en compte dans le cadre de l'ac-

cord « Réseaux électriques et environnement » négocié entre l'Etat et EDF. Par ailleurs, un dispositif d'indemnisation des consommateurs subissant des interruptions prolongées de fourniture a été introduit dans les décrets qui définissent la nouvelle structure tarifaire résultant de la loi du 10 février 2000 sur le service public de l'électricité. Outre qu'elle évitera de facturer à des consommateurs, via l'abonnement, un service qui ne leur aura été qu'imparfaitement rendu, une telle mesure constituera une incitation économique supplémentaire à la sécurisation des réseaux.

Par l'ampleur de leurs conséquences, les tempêtes de décembre 1999 auront donc conduit à renouveler le débat sur la conception et la politique de développement des réseaux électriques. Les réflexions engagées débordent aujourd'hui largement le cadre purement technique du dimensionnement des ouvrages pour investir la question de l'insertion esthétique des réseaux, du rôle des collectivités concédantes de la distribution publique ou des relations contractuelles avec les usagers, et notamment de leur indemnisation en cas de coupure. Les conséquences des tempêtes de décembre 1999 sur le système électrique et son organisation risquent donc de se faire sentir pendant bien longtemps et, espérons-le, se feront sentir positivement lors de la prochaine tempête...

# Protection des centrales contre les chutes d'avion

par **Francis Vitton**, Chef du département sûreté nucléaire et environnement du SEPTEN à la Division ingénierie et services d'EDF et **Jean-Pierre Bai**, Adjoint au chef de mission sûreté de la direction technique de la Division production nucléaire d'EDF

## Prise en compte des chutes d'avions à la conception

La réglementation applicable est la règle fondamentale de sûreté (RFS) I.2.a du 5 août 1980 « Prise en compte des risques liés aux chutes d'avions ». Son application à la conception des centrales nucléaires françaises conduit aux résultats suivants, pour les 3 familles d'avions considérées dans la RFS :

- le CESSNA 210 (monomoteur à hélice), considéré sous deux aspects : projectile mou de 1,5 tonnes avec une surface d'impact de 4 m<sup>2</sup>, le moteur constituant un projectile dur de 0,2 tonne avec une surface d'impact de 0,5 m<sup>2</sup> ;
- le LEARJET 23 (biréacteur), projectile mou de 5,7 tonnes avec une surface d'impact de 12 m<sup>2</sup>.

Famille	Vois/an générales	Probabilité d'accidents/vol	Probabilité d'impact/an/tranche/fonction de sûreté
Commerciale	700 000	<10 <sup>-6</sup>	<10 <sup>-8</sup>
Militaire	500 000	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>
Générale	2 000 000	10 <sup>-4</sup>	qq 10 <sup>-6</sup>

- Aviation commerciale (avions de masse supérieure à 5,7 tonnes) : la probabilité annuelle d'impact pour un site potentiel quelconque est généralement inférieure à 10<sup>-8</sup> (à comparer à quelques 10<sup>-7</sup>). Le standard n'est donc pas dimensionné au chargement correspondant.

- Aviation militaire : la probabilité annuelle d'impact sur une tranche est, en moyenne, de l'ordre de 10<sup>-7</sup>, c'est-à-dire de l'ordre de grandeur du critère. Il a été choisi de ne pas retenir le chargement correspondant pour le standard et de ne choisir que des sites suffisamment éloignés des aéroports militaires.

- Aviation générale (avions de masse inférieure à 5,7 tonnes) : la probabilité annuelle d'impact sur une tranche est de l'ordre de 10<sup>-6</sup> ; le chargement correspondant est donc retenu pour le standard.

Deux avions de l'aviation générale ont été retenus (conformément à la RFS) :

La distinction entre « projectile mou » et « projectile dur » résulte du fait que les effets sur les structures sont de natures totalement différentes, à savoir respectivement l'ébranlement général du bâtiment et la perforation de la partie de structure impactée. En pratique, l'effet d'ébranlement est couvert par celui du séisme.

Les bâtiments sensibles sont calculés pour résister sans dommage à ces impacts. Le chargement pris en compte est représenté par une force en fonction du temps uniformément répartie sur la surface d'impact. La vitesse d'impact est de 360 km/h, et l'on considère plusieurs angles de chute de l'avion. Les hypothèses utilisées dans les calculs sont sévères (limitation de la déformation en traction des aciers à 0,8 % et en compression du béton à 0,35 %), ce qui dégage des marges importantes vis-à-vis de la ruine.

Concrètement, pour le palier 900 MWe, ces règles conduisent au dimensionnement aux

chutes d'avion (CESSNA et LEARJET, ou CESSNA seul selon les cas) des bâtiments réacteurs, bâtiments électriques, stations de pompage, réservoir ASG<sup>1</sup> et sa casemate, parties basses du BAN<sup>2</sup> et du BK<sup>3</sup>, local RRI-REA<sup>4</sup>... Pour les autres paliers, les bâtiments équivalents sont également calculés à ces chargements.

A noter que, pour éviter d'avoir à calculer certains bâtiments, il est retenu de séparer suffisamment les matériels (et donc les bâtiments) des deux voies redondantes pour éviter le mode commun « chute d'avion ». C'est notamment le cas des diesels voies A et B pour les paliers 1300 MW et N4.

A noter enfin que, au-delà du calcul de résistance des structures mêmes des bâtiments, des dispositions constructives sont prises au niveau des toitures pour éviter l'entrée du kérosène dans les locaux par les bouches d'aération, en cas de chute d'avion, et ainsi éviter les risques d'incendie qui pourraient en résulter à l'intérieur des bâtiments.

### Mesures d'exploitation vis-à-vis des chutes d'avion

#### Réglementation

Les centrales nucléaires sont interdites de survol à basse altitude.

L'arrêté ministériel du 10 octobre 1957 précise : « sauf pour les besoins du décollage et de l'atterrissage, et des manœuvres qui s'y rattachent, les aéronefs motopropulsés doivent se maintenir à une hauteur minimale au-dessus du sol définie comme suit : pour le survol d'hôpitaux ou de tout autre établissement ou exploitation portant une marque distinctive, 300 m pour les aéronefs équipés d'un moteur à pistons et 1000 m pour les aéronefs équipés de plusieurs moteurs ».

Concrètement, cela se traduit :

- par le fait que les cartes aériennes identifient les centrales nucléaires comme ouvrages interdits de survol ;

1. ASG : Alimentation en eau des générateurs de vapeur  
2. BAN : Bâtiment des auxiliaires nucléaires  
3. BK : Bâtiment combustible  
4. RRI : Circuit de refroidissement intermédiaire-REA : Circuit d'apport en bore

- par la présence du repérage réglementaire (grande croix peinte) sur le toit d'un des bâtiments principaux de chaque centrale.

### Suivi en exploitation

Chaque site est chargé de suivre l'évolution de son environnement, et à ce titre réactualise périodiquement les statistiques des nombres de vols de chacune des familles d'avions, afin de s'assurer que les probabilités d'impact par an, par tranche et par fonction de sûreté demeurent toujours cohérentes avec les critères. Ces valeurs actualisées figurent dans le rapport de sûreté de site.

Par ailleurs, le personnel chargé de la protection de site doit détecter tout survol non programmé du site à basse altitude par des engins volants (avions, hélicoptères, ULM, ailes volantes...) et le déclarer à la gendarmerie selon des modalités précisées dans une consigne d'exploitation, en précisant l'identification de l'engin incriminé.

Les survols constatés sont également déclarés, selon les cas, à la Direction régionale ou générale de l'aviation civile, à l'Etat-major de la Région aérienne, au District aéronautique, à la préfecture. Il y a, en outre, chaque fois que possible, information des aérodromes, aéroports, aéro-clubs... voisins présumés concernés, pour essayer de faire diminuer le nombre de ces survols.

Enfin, vis-à-vis des survols autorisés par le directeur du site, une « disposition » a été mise en œuvre début 2000 afin de préciser les informations à transmettre préalablement à la DRIRE, en l'occurrence :

- la justification du vol ;
- le plan de vol ;
- les dates et les conditions de vol ;
- toutes les mesures préventives mises en œuvre.

### Retour d'expérience

Les constats effectués mettent en évidence la difficulté pour le personnel chargé de la protection du site :

- d'identifier avec ses jumelles l'engin incriminé, surtout lorsqu'il s'agit d'avions militaires (du fait de leur vitesse) ;

- de s'assurer de la réalité de l'infraction (survol du site proprement dit et hauteur inférieure à celle autorisée).

Pour autant, plusieurs années de constats permettent de tirer le bilan global suivant :

- 80 % des sites ne sont jamais ou pratiquement jamais survolés (~1 survol/an) ;

- 20 % des sites le sont un peu plus (~5 survols/an) ;

- seulement 2 sites l'ont été beaucoup :

- Fessenheim, par des avions militaires, du fait de la base de l'OTAN à Bremgarten en Allemagne, qui est aujourd'hui fermée : ce site est maintenant dans le groupe des sites peu survolés ;

- Gravelines, par des avions civils en phase d'atterrissage à l'aéroport de Calais : les actions engagées par le site auprès de la préfecture et de la DRIRE ont abouti à une diminution très significative des survols, ramenant le site dans le groupe des sites peu survolés.

Les survols sont pour l'essentiel imputables à l'aviation militaire et à l'aviation générale, puis à un degré bien moindre à l'aviation civile, et à des hélicoptères, ULM, ailes volantes, planeurs, montgolfières...

En tout état de cause, les survols constatés ne remettent pas en cause la sûreté des installations car, vu leur très faible nombre annuel et les probabilités d'accidents par vol, ils ne modifient pas de façon significative les probabilités d'atteinte des fonctions de sûreté et



donc ne conduisent pas à un accroissement significatif du risque.

Cependant, et autant voire plus pour des raisons de sécurité que de sûreté, les sites ont pour consigne de faire le nécessaire auprès des organismes concernés et des autorités compétentes pour faire appliquer la réglementation, et donc faire cesser les survols des sites.

# Le Havre : un tissu industriel dense - des risques fortement imbriqués

par **Jean-François Guérin**, Adjoint au chef du service régional de l'environnement industriel - **DRIRE Haute-Normandie**

La zone industrialo-portuaire du Havre se caractérise par la présence d'une centaine d'établissements industriels représentant près de 20 000 emplois. Le site industriel, d'une superficie de 8 000 hectares, est délimité à l'est par le pont de Tancarville, au sud par l'estuaire de la Seine, au nord par l'autoroute A 131 et à l'ouest par l'agglomération havraise et la mer.

De nombreux établissements industriels potentiellement dangereux sont concentrés dans cette zone. Sont fortement représentés les secteurs du raffinage de pétrole, de la pétrochimie et de la chimie avec des usines de fabrication, de transformation et d'emploi de produits pétroliers et chimiques mais également des entrepôts de substances dangereuses.

Eparpillés entre ces usines, des établissements employant une main d'œuvre nombreuse (constructeur automobile, constructeur d'équipements militaires, mécanique...) et des entreprises de maintenance et de sous-traitance sont présents.

Cette densité exceptionnelle d'établissements potentiellement dangereux a conduit l'autorité préfectorale à globaliser la prise en compte des risques technologiques sur Le Havre et à décider la réalisation d'un plan particulier d'intervention unique pour l'ensemble de la zone. Cette décision est la conséquence logique de l'affichage des risques mettant en avant le chevauchement des zones de dangers des différents établissements potentiellement dangereux.

## **L'affichage des risques - l'étude de dangers**

Soumis à autorisation au titre de la législation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement, et pour 18 d'entre eux entrant dans le champ d'applica-

tion de la directive communément appelée Seveso 2 et visés par l'arrêté ministériel du 10 mai 2000 (texte français transposant en partie les dispositions de la directive), chaque établissement potentiellement dangereux a fait l'objet d'une étude de dangers. Cette étude, en vertu des dispositions de l'arrêté ministériel précité, est à réactualiser périodiquement.

La DRIRE s'attache à ce que cette étude, réalisée sous la responsabilité de l'exploitant et complétée le cas échéant par une analyse critique faite par un tiers expert, identifie et analyse l'ensemble des événements accidentels susceptibles de se produire. Elle veille à ce que les scénarios ayant une probabilité d'occurrence faible mais des conséquences sur les personnes et l'environnement importantes soient étudiés.

Compte tenu de la nature des substances dangereuses en jeu (liquides inflammables, gaz inflammables liquéfiés, gaz toxiques), 3 types de zones d'effets sont étudiés : la zone des effets thermiques, la zone des effets de pression, la zone des effets toxiques pour les personnes. Pour chacune de ces zones, sont évaluées et affichées la distance des effets létaux et la distance des effets irréversibles.

## **La prise en compte des effets dominos**

Au-delà des effets directs sur les personnes, l'étude de dangers doit évaluer les effets d'un sinistre sur les installations et activités avoisinantes. Pour chaque événement accidentel identifié, l'exploitant doit évaluer les effets sur les autres unités de l'établissement (stockages, canalisations, réacteurs, salles de commande, locaux occupés par le personnel...) et les installations externes à l'établissement (autres activités industrielles...).

Cette obligation nécessite bien évidemment une connaissance exacte par l'exploitant des activités qui sont susceptibles d'être exposées (un recensement des « cibles » s'impose).

Le retour d'expérience des accidents passés d'une part et les essais sur le comportement et la tenue des matériaux d'autre part permettent de déterminer les niveaux de seuils thermiques et de surpressions critiques. Afin de déterminer les effets sur les structures, l'exploitant calculera dans un premier temps les flux thermiques reçus et les surpressions incidentes obtenues. Ces valeurs seront alors comparées aux valeurs seuils communément admises. Le renversement d'un wagon provoqué par la surpression liée à une explosion, l'inflammation d'un bâtiment par le rayonnement thermique lié à un feu de nappe, la montée en pression d'un réservoir de stockage par l'effet d'un incendie à proximité sont, à titre d'exemples, des situations à examiner dans le cadre de la détermination des effets « dominos » qui pourraient être provoqués par un accident primaire.

### La réduction des risques

L'identification de scénarios d'accident pouvant conduire à des effets dominos peut amener l'administration à demander à l'exploitant une étude technico-économique de réduction des risques.

L'objectif premier recherché est de contenir les effets d'un accident à l'intérieur des limites de l'établissement. Il peut être atteint par une réduction des risques à la source (substitution ou limitation des substances dangereuses présentes, modification des process...) ou la mise en place de dispositifs complémentaires de détection précoce, d'intervention et de protection (réalisation d'une enceinte confinée, d'un écran thermique, déclenchement d'un rideau d'eau asservi à la détection de fuite...). L'acquisition de terrains par l'exploitant est également un moyen envisageable.

La limitation des effets entre unités d'un même établissement conduit les exploitants à « compartimenter » l'établissement, c'est-à-dire à prévoir des distances d'éloignement entre les unités et à mettre en place des dispositifs d'arrosage (rideaux d'eau) ou des écrans (murs ou merlons) pour protéger des capacités ou équipements des unités voisines.

### Se préparer à l'occurrence d'un sinistre

Compte tenu de la nature et des quantités de substances dangereuses présentes dans les usines de la zone industrialo-portuaire du Havre, les zones d'effets en cas d'accident majeur dépassent largement, même après étude de réduction des risques, les limites des différents établissements.

Les distances d'effets sur les personnes atteignent jusqu'à 2 500 m pour les effets thermiques et de surpression (Boil over\* de bacs d'hydrocarbures, BLEVE\*\* de réservoirs de GPL) et 8 000 m pour les effets toxiques (rupture de capacités de gaz toxiques liquéfiés).

Face à ce constat, l'exploitant et l'autorité administrative ont des obligations : mettre en place des plans d'opérations internes (pour combattre le sinistre à l'intérieur de l'établissement) et des plans d'urgence (pour assurer la sécurité des populations à l'extérieur de l'établissement), informer les personnes susceptibles d'être affectées en cas d'accident.

### Un plan particulier d'intervention globalisé

L'affichage des risques des différentes usines de la zone industrialo-portuaire du Havre conduit à un recoupement important des différentes zones d'effets. Il est donc apparu opportun de réaliser, sous l'autorité du préfet, un plan particulier d'intervention unique prenant en compte les établissements potentiellement dangereux de cette zone.

L'information préventive des populations est réalisée dans les communes touchées par les zones d'effets au travers de brochures présentant les risques et les mesures à adopter en cas d'accident. Des dossiers communaux de synthèse sont également disponibles en mairie pour détailler et présenter, au même titre que les risques naturels et les autres risques technologiques, les risques industriels.

\* Boil over : expulsion (effet piston) du contenu d'un réservoir pris dans un incendie par vaporisation d'une masse d'eau présente au fond du bac.

\*\* BLEVE : acronyme de Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion, vaporisation à caractère explosif d'un liquide surchauffé.

### **Recensement des établissements pouvant engendrer des effets dominos - devoir d'information des établissements riverains**

La directive Seveso 2 demande aux Etats membres de veiller au recensement des établissements pouvant engendrer des effets dominos et de s'assurer que les informations nécessaires à la prévention de ces effets dominos sont bien échangées entre les acteurs concernés.

L'arrêté ministériel du 10 mai 2000 impose aux exploitants des établissements entrant dans son champ d'application (= établissements Seveso 2) d'informer des risques d'accidents majeurs identifiés les exploitants d'installations classées voisines dès lors que les conséquences de ces accidents sont susceptibles d'affecter lesdites installations. Copie de cette information est à transmettre au préfet.

Il est, en conséquence, demandé à chaque exploitant d'informer, sur la base des scénarios d'accident recensés dans l'étude de dangers, les installations classées implantées dans les zones d'effets dont ils sont à l'origine pour communiquer aux exploitants de ces installations la nature des risques. La densité de l'information à fournir doit être proportionnée aux enjeux. Il faut ensuite définir les conditions d'alerte, les dispositifs de protection collectifs ou individuels des personnes et les moyens d'intervention et de protection nécessaires pour assurer la mise en sécurité des installations.

### **Concentration des activités potentiellement dangereuses, gestion de l'espace et maîtrise de l'urbanisation**

Force est de constater qu'une concentration importante d'établissements potentielle-

ment dangereux s'est constituée, au cours des décennies écoulées, sur l'agglomération havraise, profitant de la place privilégiée du port du Havre sur la façade ouest de l'Europe et de l'implantation de la Raffinerie de Normandie.

Les acteurs publics ont pris la mesure de ces dangers et défini une démarche de prévention des risques dont les multiples facettes s'inscrivent désormais dans une cohérence d'ensemble où se rejoignent à la fois dispositifs techniques visant à renforcer la sécurité des installations, plans de protection civile et sensibilisation des riverains.

Reste néanmoins posée la question du développement de ces zones industrielles au-delà du fragile équilibre actuel entre maintien de l'activité économique et préservation de la sécurité. Les représentants de l'Etat se sont attachés, avec les autres acteurs concernés, à définir les conditions dans lesquelles de nouvelles implantations peuvent être envisagées. Plusieurs principes de base ont d'ores et déjà été admis. Ils visent principalement à ne pas augmenter la densité de population (résidents ou salariés) à l'intérieur des périmètres de dangers, à y implanter des établissements ayant la même culture de prévention des risques, et à ne permettre que des extensions d'unités existantes ou concourant directement au fonctionnement d'établissements déjà installés.

Pour un site comme Le Havre dont la pérennisation de la vocation portuaire et industrielle représente un enjeu essentiel, la mise en œuvre de tels principes fait bien sûr débat. Mais, au-delà de confrontations parfois stériles, ce débat a aussi et surtout pour mérite de recentrer la réflexion des acteurs socio-économiques dans une perspective de développement à long terme qui par beaucoup d'aspects rejoint ce que l'on qualifie par ailleurs de développement durable.

# Exemples d'agressions externes vécues sur le site de Cadarache

par **Anne-Marie Andréani**,  
Chef de la cellule de sûreté nucléaire de Cadarache  
et **Sylvie André**,  
Chargée de communication sur le site de Cadarache

Ce qui fut autrefois une magnifique forêt domaniale abrite aujourd'hui le plus important centre de recherche scientifique et technique des Bouches-du-Rhône. Toutes les mesures sont prises pour protéger des risques externes le site, qui n'a rien perdu de son cachet.

1<sup>er</sup> août 1989, 13 heures 40. Un feu de forêt se déclare à trois kilomètres du CEA/Cadarache. Poussé par un fort mistral, il atteint en moins d'une heure les pourtours du Centre. Les installations nucléaires sont immédiatement mises en sécurité. La progression est alarmante... En fin d'après-midi, la situation est jugée extrêmement grave... Toujours pas de réponse favorable aux demandes répétées pour un appui aérien : tous les canadiens sont déjà mobilisés ; durant la même journée, on comptera une trentaine d'incendies dans toute la région.

En début de soirée, une nappe de fumée envahit Cadarache. Des pompiers des Bouches-du-Rhône et des équipes de Pierrelatte, Marcoule, Saday, arrivent en renfort. A 21 heures, les flammes franchissent le chemin de ronde...

Ce 1<sup>er</sup> août 1989 n'avait rien d'un exercice de crise... Toute la nuit et quatre jours durant, cent trente hommes vont chercher à dompter ce feu qui ne cesse de se raviver. La surveillance ne pourra être relâchée que le 6 août ; au final, il a ravagé 285 hectares dont 5 hectares à l'intérieur du Centre.

Durant toute la durée de l'incendie, les installations menacées ont été protégées : aucun incident n'a été déploré. Mais surtout, cet événement a été l'occasion de mesurer l'efficacité des mesures prises pour protéger les installations contre les risques externes. Par exemple, la dôture du Centre a joué un rôle de coupe-feu limitant la progression des



flammes. Les chemins aménagés dans les massifs boisés ou dans les zones difficiles ont facilité l'accès des secours. Autres exemples : la mobilisation rapide du personnel de sécurité a été réussie grâce à la bonne mise à jour des différents documents ; la non-évacuation du personnel des installations a permis une application des consignes de sécurité en temps réel...

## Des mesures concrètes

Dans n'importe quelle installation, les risques externes, technologiques, majeurs, au même titre que l'incendie d'origine externe, constituent un volet de l'analyse de sûreté. A ce titre, la vulnérabilité des installations du Centre de Cadarache à un feu de forêt a fait l'objet de diverses études par le CEA/Cadarache et l'Institut de protection et de sûreté nucléaire ; c'est à la lumière de ces études de sûreté qu'ont été édictés des concepts pour la protection des bâtiments (gestion des systèmes de ventilation pour éviter tout risque de propagation du feu par la



projection de particules incandescentes, mesures de confinement...).

Le retour d'expérience et l'analyse de sûreté aboutissent aussi à la mise en place de mesures concrètes : formation au risque d'incendie ; traitement de la dôtüre du Centre pour éliminer toute végétation combustible ; déboisement par l'Office nationale des forêts (ONF) sur 10 à 15 mètres à l'intérieur et à l'extérieur de la dôtüre du Centre ; aménagement d'une zone de sécurité sur 50 mètres de large (zone débroussaillée sur 20 mètres et traitée en zone ombragée entre 20 et 50 mètres) autour de chaque installation présentant un risque de dispersion de matières toxiques ou nucléaires ; localisation et limitation des quantités de produits inflammables (propane, fioul, hydrogène, sodium...) ; mesures « feu de forêt » écrites dans tous les référentiels de sûreté des installations concernées (consignes pour le pilotage de la ventilation, modalités d'évacuation des matières dangereuses, mesures de repli possibles...) ; essais périodiques pour tester les moyens d'alimentation électrique de secours

et notamment ceux de la station de pompage...

A ces dispositifs de prévention, s'ajoutent les moyens de lutte dont dispose le Centre (bornes d'incendie réparties sur l'ensemble du Centre, équipe de pompiers disposant de véhicules d'intervention...). A Cadarache, le dispositif de sécurité repose aussi sur une surveillance assurée pendant les périodes de sécheresse et de grand vent depuis le mirador qui domine l'ensemble du site ; des rondes sont également assurées dans le Centre et aux abords immédiats. Des pompiers forestiers assurent une vigie dans la partie sud-ouest du Centre. En cas d'alerte, les sirènes sont dédénchées (son modulé en début d'alerte, son continu en fin d'alerte).

Au-delà des consignes et des moyens techniques, il ne faut pas oublier que les hommes jouent un rôle important dans la maîtrise des risques externes. Lors de l'incendie de l'année 1989, ils l'ont démontré. Douze ans plus tard, ils en ont apporté une nouvelle preuve : cette fois, il avait neigé à Cadarache !

### La neige à Cadarache

Le 27 février dernier, un manteau neigeux recouvrait Cadarache. En début de soirée, le « plan neige » était activé : tracto-pelles, sableuses, chasse-neige, abattage d'arbres pour dégager les accès aux installations nucléaires... Les équipes de sécurité sont restées sur le qui-vive durant la nuit.

Les lignes 15 kV enterrées ont permis de minimiser les difficultés engendrées par la chute des pylônes sur le site qui a interrompu les alimentations électriques extérieures ; seules des microcoupures électriques et des variations de tension ont entraîné

diverses anomalies de fonctionnement, notamment des pertes de ventilation nucléaire. Aucune conséquence n'a été déplorée sur le personnel et les installations nucléaires qui ont été mises en sécurité jusqu'au lundi 5 mars.



# Les agressions externes et la sûreté d'un stockage géologique profond

par Michel de Franco, Directeur de la sûreté - ANDRA

Les déchets radioactifs sont caractérisés par la période de décroissance radioactive des radioéléments qu'ils renferment et par la quantité de radioactivité contenue. Suivant ces deux caractères, les déchets radioactifs peuvent être gérés dans des installations de stockage différentes, en surface, en subsurface ou en formation géologique profonde.

Le stockage des déchets de haute activité et à vie longue présente deux impératifs :

- la dangerosité des déchets nécessite d'interposer entre l'homme et les déchets plusieurs barrières de confinement qui empêchent d'une part l'homme de s'approcher des déchets, et d'autre part les radioéléments de revenir vers l'homme et l'environnement ;
- la très longue durée de vie de certains radioéléments nécessite de disposer d'un système capable de les confiner durant plusieurs centaines de milliers d'années.

Le stockage en formation géologique profonde peut répondre à ces impératifs. On peut trouver des roches très peu perméables, comme l'argilite du callovo-oxfordien en Meuse/Haute-Marne, ou ailleurs des blocs très peu fissurés dans les massifs granitiques. Mais est-on sûr que rien ne viendra remettre en cause cette qualité du milieu géologique ?

Il y a d'abord la traversée de la roche hôte par les puits, les galeries et les alvéoles de stockage. La conception des ouvrages de stockage et de leur fermeture s'attache donc à reformer la continuité du confinement autour des déchets. Les défaillances possibles des différents ouvrages sont étudiées soigneusement par les concepteurs pour les minimiser.

Mais, du fait de la très grande durée de vie de certains radioéléments, des agressions d'origine externe pourraient remettre en cause la bonne conception du stockage. Elles sont de deux types, d'origine naturelle et d'origine humaine.

## Les agressions d'origine naturelle

Elles correspondent en fait à l'évolution naturelle de l'écorce terrestre depuis le moment où est conçu et réalisé le stockage. Cette évolution est due d'une part à des processus internes au globe terrestre, qui découlent des mouvements des plaques de l'écorce terrestre, et d'autre part à des processus externes qui s'expriment par l'évolution du climat et l'érosion superficielle. Les temps caractéristiques de ces processus se chiffrent en milliers ou millions d'années et n'ont donc une répercussion sur le stockage qu'à très long terme.

Les processus internes s'expriment par des réajustements locaux qui vont produire des événements ponctuels dans le temps :

- Les réajustements de contraintes provoquent des séismes qui pourraient fracturer la roche hôte et les barrières artificielles et mettre en communication les déchets et les formations aquifères adjacentes. Pour minimiser ce risque, on choisit un site à l'écart des zones sismiques, et on vérifie la pertinence de ce choix en recherchant par différents moyens, géophysiques ou autres, les traces éventuelles de séismes anciens. En outre, des études montrent que les conséquences sur les ouvrages de stockage pourraient être très limitées, car les effets des séismes sont beaucoup plus importants en surface qu'en profondeur. En outre, les colis et les ouvrages, plutôt massifs, devraient aussi très bien résister. Le vieillissement amoindrit leur résistance, mais la radioactivité aura alors beaucoup décréu. Ce risque semble donc très faible.

- Les réajustements au niveau de l'interface croûte terrestre-magma vont entraîner la création de volcans en des points spécifiques de la croûte. Le volcanisme pourrait bouleverser le stockage. On se place donc à l'écart des zones propices au volcanisme, pour que ce risque soit négligeable.

Tout au contraire, les processus externes sont continus :

- L'étude approfondie de l'histoire géologique du quaternaire (dernier million d'années) nous indique que l'érosion restera de l'ordre de quelques dizaines de mètres au maximum (si on excepte le phénomène messinien dans la vallée du Rhône). A sa profondeur d'implantation, le stockage sera à l'abri de l'érosion.

- Enfin, les changements climatiques, dont l'occurrence est prévisible, pourraient avoir une influence indirecte sur le stockage. Lors des périodes glaciaires attendues dans le futur, comme le montre l'histoire du quaternaire, le sol gèlera sur une épaisseur d'une centaine de mètres. A 400 ou 500 m de profondeur, le stockage restera hors d'atteinte. Cependant les formations aquifères seront perturbées, d'abord aux affleurements, là où elles sont alimentées par les précipitations. Il pourra donc y avoir des modifications des circulations hydrogéologiques dont il faut tenir compte. Mais ces modifications ne joueront pas sur la capacité de confinement de la roche hôte. L'impact du stockage sur l'environnement ne devrait pas être grandement modifié par les effets des variations climatiques.

Enfin il faut signaler pour mémoire l'éventualité d'une chute de météorite. Là encore la profondeur d'enfouissement met les déchets à l'abri de ce type d'agression, comme d'ailleurs des chutes d'avions qui sont prises en compte dans les installations nucléaires de surface parmi les agressions d'origine humaine.

### Les agressions d'origine humaine

Longtemps après la fermeture du stockage, lorsque la présence du stockage et ses dangers potentiels ont été oubliés, l'homme peut y revenir et mettre en défaut les dispositifs de confinement. Ces intrusions peuvent se présenter de deux façons :

- soit l'homme y pénètre lui-même, pour exploiter des ressources minières, ou à des fins d'archéologie ;
- soit l'homme effectue à partir de la surface des forages d'exploration ou d'exploitation de ressources, qui traversent la zone de stockage ou même les déchets.

### L'exploitation de ressources minières

Elle peut être exclue de par le choix du site de stockage qui se fait à l'écart de toute ressource d'importance notable. En outre, une telle exploitation n'interviendrait qu'après une phase d'exploration à l'aide notamment de forages, qui constituent donc le problème à étudier.

Toutefois, on peut envisager l'éventualité de fouilles archéologiques, les générations futures pouvant être intriguées par les traces des puits d'accès. Une étude faite par l'ANDRA a montré qu'un tel scénario ne pourrait se produire qu'en toute connaissance de cause. En effet, les méthodes modernes de l'archéologie passent par une prospection préalable des zones d'intérêt. Par ailleurs, les archéologues ne s'intéressent qu'aux vestiges des activités humaines sur une profondeur dépassant rarement 10 m. Au-delà, ce sont les géologues-prospecteurs qui prennent le relais avec des méthodes géophysiques et des forages.

### Les forages exploratoires

La vraisemblance de tels forages sur le site d'un stockage, après qu'il aurait été oublié, a été étudiée par l'ANDRA. La probabilité, difficile à évaluer, pourrait être de l'ordre de  $10^{-4}$ /an sur l'emprise du stockage, sur la base du retour d'expérience. Compte tenu de la configuration du stockage, le forage pourrait passer à côté des alvéoles de stockage, traverser les galeries ou même les déchets (dans 1 % des cas). Les conséquences doivent donc être prises en considération à la conception. Elles peuvent concerner les travailleurs ou le public.

Si des prospecteurs remontent et manipulent les déchets les plus radioactifs, ils risquent des lésions très graves. Toutefois, les risques devraient être circonscrits à un petit nombre de personnes. Si les géologues du futur ont conservé un niveau de technologie leur permettant d'atteindre les grandes profondeurs, ils auront vraisemblablement gardé la connaissance de la radioactivité et des techniques associées, et ils prendront les dispositions de sécurité nécessaires. En outre, il faut noter que le stockage géologique à grande profondeur rendra plus difficile l'atteinte de déchets que toute autre solution de stockage

ou d'entreposage en surface ou en subsurface. Lorsque le forage passe à côté des alvéoles ou des galeries, il peut y avoir remontée à la surface de matériaux contaminés si les colis de déchets ont perdu leur étanchéité. On se trouve alors dans une situation identique à la précédente, mais avec des conséquences moins graves car la radioactivité sera diluée dans les matériaux.

Vis-à-vis du public, la conséquence essentielle sera le court-circuit de la barrière géologique : les radionucléides échappés des colis de stockage pourraient atteindre les formations aquifères superficielles à travers le forage au lieu d'être confinés par le milieu géologique peu perméable. Dans ce cas, la conception du stockage peut limiter les conséquences :

- limitation du transport à travers le court-circuit en choisissant un site à faible gradient de charge hydraulique vertical ;
- fractionnement du stockage par une conception modulaire et des scellements, de

telle sorte qu'une faible partie du stockage soit concernée ;

- mise en place de barrières ouvragées, autour des colis et en remplissage des galeries, de manière à limiter la migration des radioéléments potentiellement échappés des colis ;
- enfin, réalisation de colis de déchets résistant au mieux à l'action de l'eau, surtout pour les plus radioactifs comme les combustibles usés et les solutions de produits de fission qui sont vitrifiés.

A noter qu'un tel court-circuit ne serait cependant que temporaire, compte tenu du fait qu'un forage non entretenu s'obstrue naturellement en quelques dizaines d'années.

En conclusion, l'étude de ces scénarios est nécessaire à l'analyse la plus complète possible des éléments à prendre en compte pour le choix d'un site et la conception d'un stockage.

# Quelle stratégie pour la prévention des risques naturels ?

par Jacques Faye, Responsable du bureau de l'information et de la coordination interministérielle - Direction de la prévention des pollutions et des risques - Ministère de l'aménagement du territoire et

**Le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement privilégie la mitigation\* des risques naturels majeurs s'appuyant sur une culture partagée du risque. Elle passe par la connaissance des aléas, l'information du citoyen, la prise en compte dans l'urbanisme, l'incitation aux travaux de réduction de la vulnérabilité et le retour d'expérience.**

Les principaux risques naturels susceptibles de provoquer de graves dommages en France sont les inondations, les tempêtes, les mouvements de terrain sous toutes leurs formes, les avalanches, les séismes, les incendies de forêts et, dans les départements français d'outre-mer, les cyclones et les éruptions volcaniques de la Montagne Pelée, de la Soufrière et du Piton de la Fournaise.

Il faut souligner tout particulièrement la très grande vulnérabilité de la Martinique et la Guadeloupe face à un séisme fort comme il s'en est déjà produit dans l'arc caraïbe au XIX<sup>ème</sup> siècle.

La sous-direction de la prévention des risques majeurs (SDPRM) est l'héritière de l'ancienne délégation aux risques majeurs créée par Haroun TAZIEFF après 1981. Intégrée aujourd'hui au sein de la direction de la prévention des pollutions et des risques du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (MATE) dirigée par Philippe VESSERON qui assure le rôle de Délégué aux risques majeurs, elle a en charge la prévention des risques naturels dans un contexte souvent interministériel.

La volonté de la SDPRM est de contribuer à développer une culture de la prévention, pour la sécurité des personnes mais aussi pour la sécurité des biens afin que notre aménagement du territoire ne soit pas pério-

diquement remis en cause par des phénomènes naturels certes extrêmes mais néanmoins prévisibles. C'est un enjeu important. En France, le montant des dommages s'élève annuellement environ à 500 millions d'euros en l'absence d'événement majeur. Il pourrait atteindre plusieurs milliards d'euros en cas de crues centennales de la Loire ou de la Seine.

Récemment, les inondations, les 12 et 13 novembre 1999 dans quatre départements du Sud, ont causé la mort de 34 personnes et ont coûté près d'un milliard d'euros. Les deux tempêtes de Noël 1999 ont quant à elles occasionné le décès de 90 personnes et plus de 15 milliards d'euros de dommages.

Ces chiffres sont impressionnants, mais il faut aussi savoir que c'est souvent la perte d'un bien culturel ou de souvenirs personnels comme l'album photos, par essence irremplaçables, qui s'avère la plus traumatisante pour la population.

L'action du MATE vise à la prise en compte des risques naturels comme partie intégrante des politiques d'environnement, au même titre que le maintien de la biodiversité, la maîtrise de la pollution et des déchets, l'équilibre ville-campagne. Les actions de la nature sur l'homme font partie de l'environnement au même titre que les actions de l'environnement sur l'homme.

Le développement de la culture de prévention passe d'abord par la connaissance et la surveillance des phénomènes, l'évaluation de la vulnérabilité et l'information des populations. Ces dernières ont souvent perdu la culture de territoire que les ressources limitées et une meilleure connaissance de la géographie locale avaient développée chez leurs ancêtres. Les événements rares mais importants doivent faire l'objet d'un soin particulier pour qu'ils demeurent dans la mémoire collective : leur fréquence est trop faible pour que leur prise en compte résulte d'ex-

\* mitigation : nf (du latin mitigare adoucir) atténuation d'un phénomène sans intention de le supprimer.

périences vécues. Aussi, de nombreuses études sont engagées pour développer la cartographie des aléas, qu'il s'agisse d'élaborer des atlas des zones inondables ou de délimiter les couloirs d'avalanches.

Le rôle de l'Etat est fondamental en l'espèce. Il « officialise » le risque. Cela fait partie de ses missions d'intérêt général et n'empiète en rien sur les libertés individuelles. Il ne fait que traduire de façon compréhensible la géographie. Il prépare ce faisant l'information des citoyens sur les risques.

La loi du 22 juillet 1987 sur la sécurité civile, la lutte contre les incendies de forêts et la prévention des risques majeurs a inscrit pour les citoyens un droit à l'information sur les risques naturels et technologiques majeurs auxquels ils peuvent être exposés. Aujourd'hui, l'article correspondant a été intégré dans le code de l'environnement [article L 125-2].

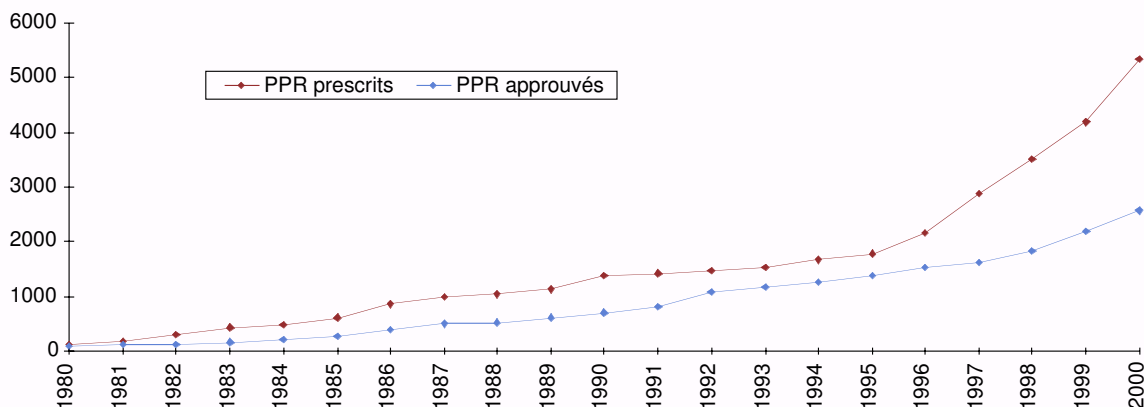
Cette information préventive est notamment diffusée au travers des dossiers départementaux des risques majeurs et des dossiers communaux synthétiques prévus par le décret d'application du 11 octobre 1990 comme supports du document d'information communal sur les risques majeurs que doit élaborer tout maire d'une commune exposée à un ou plusieurs risques majeurs. A ce jour, tous les départements ont établi un dossier sur les risques majeurs (DDRM) et 5000 dossiers synthétiques communaux ont été réalisés par les services de l'Etat et transmis aux municipalités concernées pour qu'elles le complètent par l'indication des dispositions de prévention prises au plan communal et des dispositions concernant l'affichage des risques qu'elles retiennent..

Un site portail sur le réseau Internet [<http://www.prim.net>] a par ailleurs été développé depuis trois ans pour faciliter l'accès à l'information, qu'elle soit sous forme de bases de données, de dossiers thématiques, de cartes IGN ou de liens vers les sites les plus pertinents.

Enfin, chaque année, le deuxième mercredi d'octobre, déclaré journée internationale pour la prévention des catastrophes, est l'occasion de promouvoir des actions pédagogiques à l'attention des scolaires.

Le développement de la prévention passe également par la mise en œuvre de réglementations, réglementations nationales lorsque la variation locale des phénomènes est limitée, et réglementations locales lorsqu'une approche fine des phénomènes et de leurs conséquences est requise. Ces réglementations locales ont été redéfinies par la loi du 2 février 1995 qui a unifié les procédures antérieures en créant les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR). Le PPR permet localement d'imposer à l'initiative du préfet des prescriptions d'urbanisme et de construction qui ont valeur de servitudes d'utilité publique et s'imposent aux plans locaux d'urbanisme. C'est la clé de voûte de notre politique de prévention des risques naturels.

Aujourd'hui, grâce à une augmentation importante des budgets qui ont été multipliés par quatre en quatre ans, plus de 2 800 communes font l'objet d'un plan de prévention des risques (cf. graphique). L'objectif de l'Etat est de doter 5 000 communes d'un PPR en 2005.



Information et réglementation se prolongent par des travaux de prévention, le tout s'inscrivant dans une recherche de réduction de la vulnérabilité de nos habitations, usines, et autres infrastructures face aux événements naturels. La mitigation des risques, c'est-à-dire son atténuation, le risque nul étant dans de nombreux cas hors de portée, est la finalité de la politique du ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

Cette stratégie rejoint d'ailleurs les réflexions des organisations internationales sur la manière de réduire les risques. Depuis dix ans, sur l'initiative de l'ONU, une démarche internationale a été engagée « pour passer d'une logique de réparation à une démarche d'empêchement » selon les propos même du Secrétaire général mettant ainsi en avant la logique économique qui rejoint souvent le principe de précaution. Si certaines pratiques sont bien connues, comme la surélévation en cas de crue, d'autres restent à élaborer, comme la consolidation du bâti existant face aux tremblements de terre.

En matière de travaux, l'Etat n'a pas vocation, sauf exception liée en particulier à sa responsabilité en tant que propriétaire des ouvrages, à se substituer aux collectivités locales ou aux individus et entreprises pour se porter maître d'ouvrage de travaux d'aménagement ou de réduction de la vulnérabilité. En revanche, il se doit d'encourager financièrement de tels travaux dans la mesure de ses possibilités, ce qu'il fait notamment dans le domaine de la prévention des inondations.

Pour terminer ce panorama des actions de prévention, rappelons que chaque catastrophe naturelle est aussi l'occasion d'apprendre par le biais des retours d'expérience qui se mettent progressivement en place et permettent de définir les mesures préventives les plus efficaces.

Ainsi donc, la volonté de la SDPRM est de sortir d'une approche uniquement de protection ou de réparation sur laquelle l'action publique met trop spontanément l'accent. Le système d'indemnisation des biens assurés suite à catastrophe naturelle mis en place par la loi de 1982, s'il présente des avantages indéniables, est actuellement critiqué pour avoir été appliqué de manière trop généreuse et avoir freiné par là les efforts de préven-

tion. La SDPRM participe aux démarches interministérielles en cours pour réformer le système.

Plusieurs voies de progrès sont esquissées. Ces dernières passent par une meilleure coordination interministérielle. Le CIADT de Nantes en février 2000 a créé un comité interministériel et un conseil d'orientation pour la prévention des risques naturels majeurs qui sont en cours de constitution. Elles passent également par une meilleure implication des collectivités locales et des acteurs individuels dans la prévention des risques. Le CIADT de Limoges a mis l'accent sur les actions de prévention visant à reconstruire mieux les habitations affectées par les inondations et à déplacer les entreprises situées dans des zones trop exposées.

L'action préventive de la SDPRM vise in fine à développer une culture du risque et faire en sorte que le risque devienne une composante d'une géographie bien prise en compte dans l'aménagement et le développement de nos territoires.

Nous vivons un territoire à découvrir mais aussi à respecter.

Ainsi nous n'aurons plus à nommer catastrophe naturelle ce qui est phénomène naturel et fatalité ce qui relève du manque de précaution parfois la plus élémentaire.

Nous avons tous, à l'échelle de notre planète, un intérêt commun à privilégier un aménagement et un cadre de vie dans des territoires plus sûrs et plus propices à un développement durable.



Inondations entre Villefranche-sur-Saône et Chalon - Mars 2001