

## **RESUME DU RAPPORT**

### **« La sécurité des réacteurs nucléaires et des piscines d'entreposage du combustible en France et en Belgique, et les mesures de renforcement associées »**

octobre 2017

\*\*\*\*

**Experts indépendants contributeurs du rapport : Oda Becker (Allemagne), Manon Besnard (France), David Boilley (France), Ed Lyman (États-Unis), Gordon MacKerron (Royaume-Uni), Yves Marignac (France), et Jean-Claude Zerbib (France).**

**Rapport commandé par Greenpeace France**

\*\*\*\*

### **Avertissement**

Ce rapport sur la sécurité des réacteurs nucléaires et des piscines d'entreposage du combustible en France et en Belgique s'appuie sur les contributions de sept experts (France, Allemagne, Royaume-Uni et États-Unis), spécialistes en sûreté nucléaire, sécurité, radioprotection ou encore en économie, afin de rassembler l'ensemble des compétences nécessaires à l'analyse de la problématique. Chaque contributeur n'est responsable que de sa contribution sous la forme qui lui a été commandée et qu'il a remise séparément à Greenpeace France.

Ce rapport aborde un sujet éminemment sensible, dans un contexte extrêmement délicat. Le travail d'analyse critique et d'expertise indépendante doit dans ce domaine trouver la voie entre deux exigences contradictoires.

La première exigence est celle de la démocratie des choix. La question de la sécurité des installations nucléaires face aux agressions externes doit pouvoir être débattue publiquement. Il n'y a pas de justification à ce que cette question, qui constitue un point majeur dans l'appréciation des risques attachés à différentes options industrielles et énergétiques, échappe au processus démocratique. Le public possède un droit fondamental à l'information sur les risques associés à l'exploitation des installations nucléaires, qui inclut l'évaluation dans toutes ses dimensions de leur exposition au risque d'agressions externes. Il est ainsi de la responsabilité des experts non institutionnels d'apporter leur contribution pour éclairer ce débat.

La seconde, tout aussi fondamentale, est celle de la préservation de la sécurité publique. Il ne saurait être question, bien sûr, de contribuer en alimentant ce débat à renforcer le risque d'une agression externe visant les installations nucléaires, encore moins de favoriser la réussite d'une éventuelle attaque en révélant d'éventuelles failles du système. Il est donc également de la responsabilité des experts non institutionnels de veiller à ne pas affaiblir, par les informations qu'ils réunissent ou les analyses qu'ils produisent et mettent à disposition du public, la protection des installations.

Cet équilibre est particulièrement difficile à trouver dans le contexte français, où les autorités chargées de la sécurité nucléaire opposent systématiquement le « secret défense » à toute tentative de clarification

de l'état de protection des installations nucléaires contre les actes de malveillance. Cette généralisation du secret constitue un piège redoutable, pour deux raisons structurantes.

En premier lieu, elle place par construction même tout observateur dans une situation impossible : travaillant sur la base d'informations publiques mais ignorant en principe tout du degré de vulnérabilité mesuré par les autorités et des mesures de protection associées, puisque ces informations sont confidentielles, il doit pourtant être capable d'identifier par lui-même le point où la mise en évidence et l'analyse de ces informations publiques viendraient compromettre ce secret, et par là même la sécurité. Mais surtout, dans l'hypothèse justement où des vulnérabilités existeraient dans la sécurité des installations nucléaires, et où l'action actuelle des opérateurs industriels et des pouvoirs publics consisterait à cacher ces failles sous le sceau du secret au lieu de procéder aux renforcements nécessaires, comment faire en sorte de mettre ce problème en débat sans affaiblir justement par sa mise en lumière le système ?

Il est indispensable, du point de vue des principes démocratiques autant que de la sécurité publique, que le secret ne soit en aucun cas un paravent dont les autorités usent pour cacher de telles failles au lieu de protéger efficacement les installations. Cette préoccupation est au cœur du travail commandité par Greenpeace France, qui porte sur la sécurité actuelle des installations nucléaires, et plus spécifiquement des piscines d'entreposage du combustible nucléaire, dans les centrales nucléaires françaises et belges ou à l'usine de retraitement de La Hague.

Ce travail s'est, à ce titre, accompagné de précautions tout à fait particulières. La plus évidente est de ne rendre public que le présent résumé. Greenpeace s'engage à n'en faire qu'une diffusion très restreinte auprès de ses membres travaillant sur le dossier, et auprès des autorités compétentes dans les pays européens concernés (France, Allemagne, Belgique, Luxembourg et Suisse).

Il faut souligner que ces précautions ne tiennent pas à la nature des informations utilisées dans le rapport. Celles-ci, qu'il s'agisse d'éléments tirés des publications des opérateurs industriels ou des autorités, de bases de données, d'articles d'actualité ou encore d'observations sur le terrain, sont intégralement publiques, et pour l'essentiel très faciles d'accès. Ce sont les vulnérabilités que la collecte et l'analyse de ces informations sont susceptibles de mettre en évidence qui suscitent une telle précaution, dans la mesure où la politique de protection vis-à-vis de ces vulnérabilités éventuelles repose justement avant tout, de façon extrêmement fragile, sur le secret (au sens ici de l'absence d'évocation publique de ces informations pourtant accessibles au public...).

\*\*\*\*

## **L'enjeu de la sécurité nucléaire**

Plusieurs facteurs concourent aujourd'hui à faire de la sécurité des installations nucléaires, et plus spécifiquement des piscines d'entreposage du combustible, un enjeu majeur et pleinement d'actualité. Le premier est évidemment le niveau très élevé de menace pesant sur la sécurité de la France et de l'Europe, qui incite à envisager l'ensemble des actions que pourraient tenter des organisations criminelles ou des individus s'en revendiquant : les centrales nucléaires constituent incontestablement un risque dans ce contexte.

Cela tient intrinsèquement au potentiel de danger que constituent ces installations, du fait même de l'inventaire de matières nucléaires réactives et radioactives qu'elles concentrent. Cet inventaire génère, dans les installations les plus importantes – telles que les centrales de production d'électricité, les usines de fabrication ou de traitement du combustible nucléaire, ou les principaux entreposages de matières nucléaires – un risque d'accident grave voire majeur. D'importantes dispositions de sûreté, telles que les barrières successives de confinement, la qualité de conception et d'exploitation, la mise en place de moyens de sauvegarde et de secours redondants sont mises en œuvre pour prévenir ce risque. Les actes de malveillance peuvent dès lors justement viser à mettre hors d'état ces dispositions pour provoquer volontairement un scénario accidentel conduisant à d'importants rejets de radioactivité.

La sécurité nucléaire consiste donc à protéger les installations contre la mise en œuvre réussie de tels actes. Elle repose en partie sur des dispositions classiques de sécurité, relevant par exemple de la détection grâce aux moyens de renseignement, de la prévention par l'intermédiaire de barrières ou de contrôles d'accès, et de l'intervention de forces de sécurité présentes sur les sites ou hors des sites. Elle peut également s'appuyer sur le rôle que peuvent jouer les dispositifs de sûreté, à l'image de l'enceinte de confinement d'un réacteur, qui offrent également une protection contre les agressions externes.

La plupart des installations nucléaires en service ont toutefois été conçues à une époque où les menaces étaient de nature différente : les moyens nécessaires à des attaques susceptibles d'affecter profondément ces installations ne pouvaient être mobilisés qu'avec le soutien d'États étrangers, qui en étaient dissuadés par la menace d'une frappe nucléaire militaire en retour (dans le cas de la France). Pour ces raisons historiques, le renforcement contre des attaques lourdes des ouvrages de génie civil et des systèmes de protection nécessaires à la sûreté nucléaire n'a été que peu ou pas du tout intégré à la conception de ces installations. La nature de la menace a toutefois radicalement basculé avec les attentats du 11 septembre 2001 : une organisation criminelle détachée de tout État peut disposer d'une capacité d'agression non couverte par les dispositions de conception initiales des installations nucléaires.

### **Le problème prioritaire des piscines d'entreposage**

Ce déficit est d'autant plus marqué dans le cas des piscines d'entreposage du combustible nucléaire, par rapport aux réacteurs eux-mêmes. En effet, l'analyse de sûreté a conduit à l'époque de leur construction à négliger le risque d'un processus d'emballement dans les piscines, et par là même à ne pas les doter d'une enceinte de confinement robuste semblable à celle des bâtiments réacteur. La catastrophe de Fukushima a pourtant mis en évidence en 2011 le risque, dans ces conditions, d'un relâchement massif de radioactivité en cas de perte durable de la capacité de refroidissement du combustible entreposé. Cette situation, qu'une attaque externe pourrait chercher à provoquer, aurait des conséquences similaires à celles d'un accident majeur sur un réacteur nucléaire. Les piscines des réacteurs d'EDF, dont l'inventaire varie en fonction de différents facteurs et doit maintenir une réserve mais dont plusieurs sont proches de la saturation, ont une capacité de plusieurs centaines de tonnes de combustible, soit l'équivalent de jusqu'à deux à trois cœurs de leur réacteur ; les cinq piscines de La Hague contiennent quant à elles, au total, l'équivalent de près de 150 cœurs de réacteurs de 900 MW.

Le cas du réacteur EPR en construction à Flamanville illustre cette préoccupation. Celui-ci dispose en effet d'une enceinte en béton renforcée qui enveloppe, au même titre que le réacteur, le bâtiment combustible. Cette « coque avion » protégeant la piscine a été introduite dans le design du réacteur après le 11 septembre 2001, en lien direct – même si cela n'a jamais été explicitement formalisé dans le processus de décision – avec cette nouvelle menace. Il est clair que les piscines des réacteurs actuellement en service sont très loin de bénéficier du même niveau de protection.

La question d'un éventuel renforcement des ouvrages de génie civil et des équipements de sûreté de ces installations au nom de considérations relevant de la sécurité doit donc évidemment être posée. Ce point se heurte cependant en France à une situation institutionnelle relativement unique au niveau international, qui veut que l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ne dispose pas de la compétence sur la sécurité qui lui permettrait d'examiner ce type de question, tandis que les autorités chargées du contrôle de la sécurité nucléaire exercent essentiellement leur compétence sur les moyens classiques de protection (détection, prévention, interception...). Aucun acteur ne semble donc réellement en mesure de se saisir d'une réflexion sur cet éventuel renforcement et d'en tirer des prescriptions.

Cette réflexion est pourtant, dans le contexte que l'on connaît en France, d'une actualité brûlante. Elle se pose notamment à trois niveaux, en lien avec les évolutions du parc nucléaire français : (i) celui des bâtiments combustible de chacun des réacteurs, et particulièrement des 34 réacteurs de 900 MW d'EDF, dans la perspective des décisions à prendre sur leur prolongation de fonctionnement au-delà de 40 ans, conditionnée au renforcement de leur sûreté pour atteindre, selon le cahier des charges fixé par l'ASN, un niveau de sûreté aussi proche que possible de celui de l'EPR ; (ii) celui des piscines d'entreposage du combustible des usines de retraitement d'Areva NC à La Hague, dont la capacité arrive à saturation dans un contexte de décisions à prendre sur l'avenir de ces installations également vieillissantes ; (iii) et celui du nouveau projet de piscine centralisée d'entreposage dont EDF a récemment déposé le dossier

d'options de sûreté, en lien avec la nécessité de réduire l'inventaire de combustible dans les piscines des réacteurs et en l'absence de capacité d'accueil à La Hague.

### **Le scénario d'accident redouté**

C'est dans ce contexte que Greenpeace France a commandé à plusieurs experts français et étrangers diverses contributions sur l'analyse des risques et des conséquences potentielles d'actes malveillants visant les piscines d'entreposage du combustible, en vue de les réunir dans un rapport technique. Cette analyse se concentre d'abord sur un examen détaillé des conditions dans lesquelles une perte de refroidissement durable peut conduire à un relâchement massif de radioactivité dans ces piscines, avant de s'attacher à décrire le type de menace d'agression externe crédible aujourd'hui et de considérer plus en détail différents types d'attaque et différents éléments d'appréciation de la possibilité concrète de les mettre en œuvre pour un certain nombre d'installations représentatives, en rappelant enfin à quelles conséquences radiologiques un tel scénario serait susceptibles de conduire.

Les piscines d'entreposage du combustible assurent à la fois une fonction de protection radiologique contre la radioactivité dégagée par le combustible usé, et de refroidissement de ce combustible, qui présente une charge thermique importante, bien que décroissante avec le temps.

Le scénario redouté est celui d'une perte durable de refroidissement, en lien avec une situation de brèche entraînant une déperdition d'eau plus rapide que le rythme auquel celle-ci peut être renouvelée, conduisant à un découverture partiel ou total du combustible. Sous l'effet de sa propre chaleur, potentiellement renforcé dans un deuxième temps par des phénomènes de corrosion, les crayons combustible voient leur gaine se déformer, se rompre et finalement brûler, entraînant une fusion du matériau combustible lui-même, et relâchant ainsi une large fraction de leur contenu. Le rapport examine en détail les différents paramètres pouvant influencer sur la réalisation et le degré de gravité d'un tel scénario, tels que le débit de fuite et l'emplacement de la brèche, la disponibilité et la disposition des systèmes de cloisonnement ou de réinjection, le niveau de chaleur résiduelle des combustibles entreposés, la configuration et la densité des combustibles dans les racks, ou encore la présence parmi ce combustible usé de MOX, fabriqué à partir de plutonium issu du retraitement, qui présente globalement une chaleur et une réactivité plus grandes.

Cette analyse conclut en premier lieu que le déroulement de l'accident et son ampleur finale peuvent fortement dépendre de ces différents facteurs. Par conséquent, des personnes dotées d'intentions criminelles possédant les compétences nécessaires pourraient chercher à exploiter ces facteurs, par exemple en choisissant le moment de leur attaque et le type de dégâts qu'elles essaient de provoquer, afin de maximiser la gravité de l'accident et les relâchements auxquels il conduit. Cet effet pourrait être renforcé par la neutralisation, au cours de la même attaque, de dispositifs techniques ou humains destinés à secourir la piscine dans ce type d'accident.

### **La possibilité de succès d'une attaque**

La question qui se pose ensuite est celle de savoir si une attaque externe serait susceptible de générer le type de dégradation ciblée nécessaire pour provoquer un tel scénario. Il ne s'agit pas ici de discuter la possibilité ou non que des organisations criminelles choisissent de s'attaquer à des installations nucléaires en Europe. Tout en constatant que ce n'est pas le type d'attaque que les organisations actives ont privilégié ces dernières années, on ne peut écarter l'idée que cette piste soit développée, comme différents signes d'intérêt d'individus avec des intentions criminelles pour des installations ou activités nucléaires le suggèrent.

Toutefois, le point est plutôt d'évaluer dans quelle mesure des organisations criminelles seraient en mesure de réunir et de mettre en œuvre les moyens nécessaires à une telle tentative d'attaque si elles en développaient le projet. On ne peut sur ce plan que constater la tendance à un accès croissant à des moyens d'action de plus en plus disséminés, diversifiés, discrets mais aussi de plus en plus puissants, qu'il s'agisse par exemple de la possibilité de détourner des outils diffusés dans le domaine civil tels que les drones, du trafic d'armes légères et lourdes, ou de moyens de nuisance à distance par voie informatique.

Le rapport explore différents scénarios typiques d'attaque, mettant en jeu des instruments auxquels il estime que des individus dotés d'intentions criminelles sont aujourd'hui en mesure d'avoir accès. Compte tenu de l'épaisseur connue ou estimée des murs des bâtiments concernés et des piscines elles-mêmes, de telles attaques, sous réserve d'être déployées avec une efficacité suffisante face aux forces de sécurité présentes ou devant se transporter sur les sites (ce qui ne représente pas un obstacle majeur), sont en mesure de provoquer sur le type de structures et d'équipements des bâtiments d'entreposage du combustible en piscine les dégâts conduisant aux scénarios redoutés.

Cette analyse générique est complétée par une observation plus concrète des conditions dans lesquelles de tels moyens pourraient être mis en œuvre contre un certain nombre d'installations (les centrales de Bugey, Cattenom, Fessenheim, Gravelines, et les usines de La Hague en France, ainsi que les centrales de Doel et Tihange en Belgique...).

Certaines faiblesses connues sont génériques à l'ensemble des installations, comme l'absence de protection autre que des poutres et un bardage métallique sur les toits des bâtiments combustible. D'autres conditions sont évidemment variables selon les sites, rendant la réalisation de différentes attaques plus ou moins difficile. On peut en conclure que des individus projetant d'attaquer une installation nucléaire seraient en mesure, par le même type d'analyse, de sélectionner le ou les sites présentant les conditions les plus favorables.

### **Les conséquences radiologiques potentielles**

En l'absence de la protection qu'offrirait une enceinte conçue pour être robuste aux agressions, les bâtiments d'entreposage du combustible des centrales nucléaires et de l'usine de retraitement de La Hague sont vulnérables à des attaques susceptibles de provoquer des dommages importants. Ciblée et dimensionnée pour provoquer une situation la plus pénalisante possible, une telle attaque pourrait maximiser le scénario d'accident lié au découverture du combustible, à son échauffement jusqu'à sa fusion et au relâchement d'une fraction significative de sa radioactivité. Ainsi par exemple, dans les conditions les plus défavorables décrites précédemment, la totalité du césium-137 contenu dans le combustible, principal contributeur à l'exposition des populations dans un tel scénario d'accident, est susceptible d'être relâchée. Compte tenu de l'absence de confinement, par conception initiale du bâtiment et du fait des dommages causés par l'attaque, une large fraction de ce césium et des autres radionucléides relâchés s'échapperait à son tour du bâtiment : une telle situation résulterait finalement dans un rejet massif de radioactivité dans l'environnement.

Dans les premiers jours de la catastrophe de Fukushima Daiichi, le gouvernement japonais a cherché à estimer les conséquences du pire scénario envisageable, qui consistait alors en un cumul des rejets dus à la perte de confinement des réacteurs 1 à 3 de la centrale, et au dénoyage du combustible dans les piscines des réacteurs 1 à 4, cette dernière étant la plus chargée car le cœur du réacteur venait d'y être déchargé. Des retombées radioactives significativement supérieures à la radioactivité naturelle étaient alors projetées jusqu'à 250 km de la centrale, en grande partie dégagées par les piscines, et particulièrement par celle de l'unité 4.

L'analyse a posteriori de ce qu'aurait pu être cet accident, et la projection de ce que pourrait être un accident similaire sur les installations évoquées dans ce rapport, confirment que son impact dépasserait largement celui des accidents les plus graves envisagés sur un cœur de réacteur, affectant potentiellement dans un rayon de 75 à 150 km plusieurs millions de personnes. Compte tenu de l'absence de plan d'urgence et de protection des populations à cette échelle, et de la désorganisation des secours que l'attaque externe risquerait d'engendrer, les conséquences radiologiques d'une telle situation seraient potentiellement sans précédent.