

Fontenay-aux-Roses, le 5 juin 2018

Monsieur le Président de la Commission d'enquête  
parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations  
nucléaires

Assemblée Nationale

Avis IRSN/2018-00151

**Objet :** Saisine de la Commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la  
sécurité des installations nucléaires  
Entreposage des combustibles nucléaires usés

**Réf.** Lettre de la Commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité  
des installations nucléaires en date du 26 mars 2018

Monsieur le Président,

Dans le cadre des travaux de la Commission que vous présidez, vous avez sollicité, par lettre citée en référence, l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur les enjeux associés, en termes de sûreté nucléaire, à une stratégie de gestion du combustible nucléaire irradié (appelé également combustible usé) reposant sur un entreposage de celui-ci en piscine (ou sous eau) uniquement ou faisant appel à des entreposages à sec.

Vous souhaitez notamment que cet avis éclaire votre Commission sur les différentes solutions d'entreposage existantes et envisageables et leurs principales caractéristiques, leurs avantages et inconvénients respectifs du point de vue de la sûreté, les délais nécessaires avant transfert des combustibles vers un entreposage à sec et les durées maximales d'entreposage des combustibles sous eau et à sec, les délais de mise en œuvre de nouvelles options, de leur conception à leur mise en service, les implications croisées entre les choix de gestion des combustibles et les options d'entreposage et, plus généralement, une appréciation de la capacité des différentes stratégies à réduire le potentiel de dangers de l'entreposage et sa vulnérabilité.

L'IRSN a examiné les concepts d'entreposage, sous eau et à sec, existant à l'international et en France, ainsi que les enjeux de sûreté associés aux différentes solutions d'entreposage des combustibles usés que ce soit à sec ou sous eau, mais également sur site ou de manière centralisée.

**Adresse Courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre 8 440 546 018

L'examen réalisé fait l'objet du rapport IRSN N° 2018-00003 joint au présent avis. De cet examen, l'IRSN retient les principales conclusions suivantes.

Les combustibles usés issus des réacteurs électronucléaires doivent faire l'objet d'une phase intermédiaire d'entreposage à la suite de leur déchargement du réacteur. En effet, leur puissance thermique initiale est trop élevée et une décroissance des radioéléments contenus permettant une baisse graduelle de cette puissance est nécessaire pour pouvoir, d'abord les transporter, ensuite les mettre en œuvre dans la filière de gestion retenue. Ainsi, dans tous les cas, un premier entreposage a lieu dans la piscine de désactivation associée au réacteur. Ensuite, selon le choix de gestion effectué (traitement ou pas), deux pratiques sont mises en œuvre de par le monde.

En cas de traitement des combustibles usés (cas de la France, du Japon et de la Russie), les usines correspondantes disposent de piscines permettant l'entreposage avant traitement (généralement entre cinq et dix ans après déchargement du réacteur). L'utilisation d'un tel type d'entreposage est essentiellement liée aux procédés de ces usines, les piscines recevant les combustibles étant directement reliées aux ateliers de traitement. De plus, ces piscines sont généralement de capacité importante pour assurer un découplage entre l'usine et les réacteurs et un refroidissement complémentaire. Une fois séparés, l'uranium et le plutonium sont destinés à un recyclage sous forme de combustibles à base de plutonium (MOX) ou d'uranium de retraitement réenrichi en isotope 235 de l'uranium (URE). Le mode d'entreposage des combustibles MOX et URE usés dépend alors du devenir envisagé de ces combustibles dans les pays concernés.

En l'absence de traitement des combustibles usés (cas le plus fréquent dans le monde), les combustibles déchargés sont généralement, après un refroidissement suffisant en piscine, placés dans des entreposages à sec. Les concepts d'entreposage actuels sont basés sur une puissance thermique moyenne des combustibles voisine de 2 kW. Dans une certaine mesure, ces concepts devraient toutefois pouvoir être adaptés.

Ainsi, la puissance thermique unitaire des combustibles à entreposer est un élément déterminant pour définir les types d'entreposage envisageables. L'entreposage en piscine est impératif pour les combustibles peu refroidis et l'entreposage à sec convient bien aux combustibles très refroidis.

En tout état de cause, ces deux types d'entreposage sont complémentaires, mais le choix de l'un ou de l'autre après une phase initiale de refroidissement nécessairement en piscine, dépend largement des choix nationaux en termes de gestion des combustibles usés.

En France, le choix d'utiliser l'entreposage en piscine est tout d'abord lié à la décision de traiter les combustibles usés pour en recycler le plutonium et l'uranium.

Les combustibles à base d'oxyde d'uranium (UNE) usés sont traités et donc entreposés en attente dans les piscines des usines ORANO Cycle de La Hague. Les combustibles URE et MOX usés sont gérés de manière similaire, mais leur traitement est différé. En l'attente de décisions sur leur devenir, EDF prévoit la création d'une piscine d'entreposage centralisé des combustibles MOX et URE usés, pour une durée d'une centaine d'années.

Les combustibles URE usés présentent des caractéristiques comparables à celles des combustibles UNE usés. Les combustibles UNE actuellement utilisés par EDF pourraient, dans les concepts actuels, être entreposés à sec après environ cinq ans de refroidissement. Cependant, au regard du temps restant avant traitement, l'intérêt de l'utilisation de ce type d'entreposage paraît limité. En cas d'indisponibilité prolongée d'une usine de traitement des combustibles usés (conduisant à une saturation à terme des capacités d'entreposage existantes), le recours à de tels entreposages pourrait toutefois être une solution.

Les combustibles MOX chargés en réacteur ont une teneur élevée en plutonium pour obtenir un taux de combustion équivalent à celui des combustibles UNE auxquels ils sont associés en réacteur. Du fait de cette teneur en plutonium et de sa composition isotopique, les combustibles MOX usés ont une puissance thermique plus élevée. En raison d'une teneur en transuraniens plus élevée, cette puissance décroît aussi moins vite. Leur temps de refroidissement avant de pouvoir être placés en entreposage à sec est ainsi nettement plus long que pour les combustibles UNE usés, soit plusieurs dizaines d'années pour atteindre une puissance thermique par combustible de 2 kW. Un recours à des entreposages à sec pourrait donc être envisagé au-delà de cette période de temps.

L'entreposage en piscine est particulièrement adapté aux combustibles présentant une forte puissance thermique unitaire, et donc ne pouvant rester sous air sans dégradation des gaines. L'eau a en effet un pouvoir caloporteur élevé et les systèmes actifs de refroidissement l'utilisant permettent de maintenir à des valeurs basses les températures des gaines des combustibles. De plus, une piscine offre une inertie thermique importante, facilitant la mise en œuvre de moyens de secours en cas de perte des systèmes de refroidissement.

Les exigences majeures de sûreté d'un entreposage en piscine sont le maintien d'un inventaire en eau suffisant dans la piscine et la disponibilité de systèmes de refroidissement en toutes circonstances plausibles. En effet, du fait de la forte puissance unitaire des combustibles usés contenus, une perte prolongée de refroidissement sans apport d'eau pourrait entraîner des conséquences très importantes pour l'environnement, avec une impossibilité d'accéder au proche voisinage de la piscine du fait du débit de dose induit par les combustibles, en l'absence d'atténuation des rayonnements par l'eau.

En conséquence, une piscine d'entreposage, notamment si elle reçoit des combustibles usés peu refroidis, doit faire l'objet d'une conception particulièrement robuste, avec des marges suffisantes pour faire face aux risques envisageables, et d'une exploitation permettant une surveillance adaptée, tant de l'installation que des combustibles présents.

Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima a permis de renforcer encore les approches de sûreté pour maîtriser ces risques, en visant le maintien en eau des combustibles en situations extrêmes d'origine naturelle.

Les techniques industrielles actuelles permettent de réaliser des piscines assurant la maîtrise des risques de découverture des combustibles, les bâtiments abritant la piscine assurant la protection contre les agressions externes (coque « avion » notamment).

La durée caractéristique de réalisation d'une telle installation peut être estimée à une dizaine d'années, au vu du retour d'expérience actuel des installations nucléaires construites en France.

L'entreposage à sec est réservé aux combustibles suffisamment refroidis (environ 2 kW en moyenne par combustible pour les concepts actuels). Il présente, de ce fait, l'intérêt de faire généralement appel à des systèmes de refroidissement passifs, ce qui limite les contraintes d'exploitation, et se prête particulièrement bien à une construction modulaire, s'adaptant aux besoins, voire permettant le remplacement de modules anciens au cours du temps.

Les exigences de sûreté sont le maintien du refroidissement passif et la qualité des barrières de confinement entre les matières radioactives et l'environnement.

Ce type d'entreposage présente l'avantage d'une conception plus simple et robuste et limite les opérations d'exploitation. Selon la conception, la surveillance directe de l'état des gaines des combustibles (la première barrière de confinement), qui sont soumises à des conditions thermiques plus pénalisantes, n'est en général pas possible.

En tout état de cause, en cas d'accident, le nombre de combustibles concernés, moins important, et la puissance thermique de ces combustibles, plus faible, entraîneraient des conséquences plus limitées pour l'environnement.

La durée caractéristique de la réalisation d'une telle installation peut être estimée à environ cinq ans, en fonction notamment de la modularité de l'installation et du recours ou non à des concepts d'emballage existants.

Par ailleurs, quel que soit le type d'entreposage, la prise en compte d'une durée d'entreposage significativement plus longue que les durées usuellement retenues (quelques dizaines d'années) nécessitera la définition d'exigences adaptées (notamment en termes de conception des ouvrages de génie civil et de marges de sûreté).

Pour l'IRSN, un point particulièrement important pour la sûreté des opérations de gestion des combustibles usés est la maîtrise du vieillissement des gaines des combustibles à base de zirconium, qui dépend de la température d'entreposage. En effet, ces gaines constituent la première barrière de confinement des matières radioactives. En outre, leur tenue mécanique est importante pour les opérations intervenant après la phase d'entreposage (transport, traitement ou mise en stockage).

Sur ce point, les entreposages sous eau présentent des garanties, du fait des températures d'entreposage faibles et des possibilités d'examen direct des gaines. En outre, des parades (mise en surconteneur du combustible défaillant...) peuvent être mises en œuvre en cas de détection de phénomènes de vieillissement. Le retour d'expérience disponible en France et dans le monde sur le comportement des gaines sous eau est significatif, du moins sur une période de quelques dizaines d'années.

Dans les entreposages à sec, la capacité d'examen direct et aisé des gaines de combustibles est plus réduite. Les contrôles réalisés sont au mieux indirects (absence de relâchement de gaz dans la cavité de l'emballage...), voire impossibles (cas des conteneurs soudés étanches contenant les combustibles et constituant la seconde et ultime barrière de confinement) ; ils ne permettent pas une détection d'un mécanisme de vieillissement.

Dans ce cas, la garantie de la maîtrise du vieillissement des gaines repose tout particulièrement sur des études, qui ont notamment permis de définir la température maximale acceptable des gaines en entreposage. Les examens de combustibles réalisés jusqu'à présent et dont l'IRSN a eu connaissance n'ont pas mis en cause ces études. Toutefois, de nombreuses études se poursuivent. En outre, les éléments disponibles pour les combustibles présentant des taux de combustion élevés (supérieurs à 45 GWj/t), pour les combustibles MOX (notamment de teneur initiale en plutonium importante) et globalement pour de longues durées d'entreposage (plus de 40 ans) sont limités.

En conclusion, l'IRSN retient qu'un choix de type d'entreposage de combustibles usés doit être apprécié au regard des considérations suivantes.

Les deux types d'entreposage de combustibles usés envisageables (sous eau ou à sec) ne répondent pas totalement aux mêmes besoins, l'entreposage en piscine étant impératif pour les combustibles peu refroidis et l'entreposage à sec convenant bien aux combustibles très refroidis.

Le type de combustible usé (UNE, MOX, URE) influe sur le choix du type d'entreposage à retenir, au minimum durant une certaine période de temps, les combustibles MOX présentant une puissance thermique plus élevée pendant une durée plus longue.

Du point de vue de la sûreté, quel que soit le type d'entreposage, le paramètre déterminant est la puissance thermique des combustibles entreposés. À cet égard, les entreposages en piscine, qui contiennent en général des combustibles plus chauds, nécessitent des dispositions de sûreté plus importantes que les entreposages à sec, plus passifs. Dans ces derniers, les gaines (première barrière de confinement) sont plus sollicitées thermiquement et moins aisément contrôlables.

Restant à votre disposition, je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes respectueuses salutations

Le Directeur Général

Jean-Christophe NIEL

P. J. : rapport IRSN n° 2018-00003

Copie : Mme Barbara POMPILI, rapporteure de la Commission d'enquête parlementaire  
sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires