

Note d'information

Avis de l'IRSN sur les enjeux associés à une stratégie de gestion du combustible nucléaire utilisé reposant sur un entreposage en piscine ou un entreposage à sec

Dans le cadre de ses travaux, la [Commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires](#) a sollicité, le 26 mars 2018, l'avis de l'IRSN sur les enjeux associés, en termes de sûreté nucléaire, à une stratégie de gestion du combustible nucléaire irradié (également appelé combustible utilisé) reposant sur un entreposage de celui-ci en piscine (ou sous eau) uniquement ou faisant appel à des entreposages à sec.

La Commission souhaite notamment l'avis de l'IRSN 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 d'entreposage, de leur conception à leur mise en service ;
- les implications croisées entre les choix de gestion des combustibles utilisés et les options d'entreposage ;
- plus généralement, une appréciation de la capacité des différentes stratégies à réduire le potentiel de dangers de l'entreposage et sa vulnérabilité.

En se basant sur son expertise de l'entreposage en France, ainsi que sur les connaissances acquises dans le cadre de prestations que l'Institut a réalisées à l'étranger, l'IRSN a examiné les concepts d'entreposage sous eau et à sec existants à l'international et en France, ainsi que les enjeux de sûreté associés.

Entreposage sous eau ou à sec : un choix lié aux modes de gestion des combustibles utilisés

À la suite de leur déchargement des réacteurs nucléaires, les combustibles utilisés doivent tout d'abord faire l'objet d'une phase intermédiaire d'entreposage. En effet, leur puissance thermique initiale est trop élevée et une baisse graduelle de cette puissance est nécessaire pour pouvoir les transporter, puis 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 des combustibles utilisés, 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 et assurant un refroidissement complémentaire des combustibles.

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.

- **En l'absence de traitement des combustibles usés** (cas le plus fréquent dans le monde) :

Après un refroidissement suffisant en piscine de désactivation, les combustibles sont généralement placés dans des entreposages à sec. Les concepts d'entreposage actuels sont basés sur une puissance thermique moyenne des combustibles voisine de 2 kW.

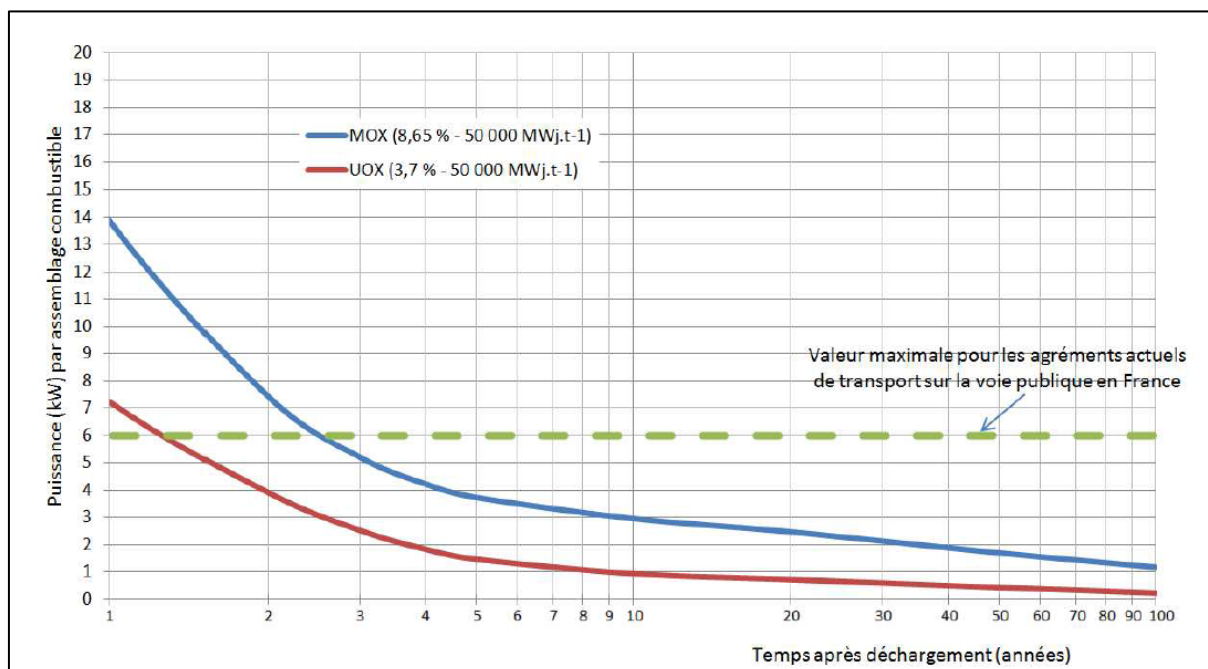
La puissance thermique unitaire des combustibles à entreposer est un élément déterminant pour définir les types d'entreposage envisageables. L'entreposage en piscine est impératif pour les combustibles peu refroidis et l'entreposage à sec convient bien aux combustibles très refroidis. En tout état de cause, ces deux types d'entreposage sont complémentaires, mais le choix de l'un ou de l'autre dépend largement des choix nationaux en termes de gestion des combustibles usés.

Le type de combustible usé influe sur le choix du type d'entreposage

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 (cf. [Annexe 1](#)).

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. Ils 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 à base d'uranium de retraitement ré-enrichi (URE) et les combustibles à base de plutonium (MOX) usés sont gérés de manière similaire, mais leur traitement est différé en l'attente de décisions sur leur devenir. Les combustibles URE usés présentent des caractéristiques comparables à celles des combustibles UNE usés. Du fait d'une teneur élevée en plutonium, les combustibles MOX usés ont une puissance thermique plus élevée, et celle-ci décroît moins vite. Leur temps de refroidissement avant de pouvoir être placés en entreposage à sec est ainsi nettement plus long (plusieurs dizaines d'années). Un recours à des entreposages à sec pourrait donc être envisagé au-delà de cette période de temps.



Légende : Courbes de décroissance de la puissance thermique d'un combustible UOX et d'un combustible MOX, irradiés dans un REP en France.

Particularités de l'entreposage en piscine

L'entreposage en piscine est particulièrement adapté aux combustibles présentant une forte puissance thermique unitaire.

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, 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.

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.

Particularités de l'entreposage à sec

L'entreposage à sec est réservé aux combustibles suffisamment refroidis. 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. 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 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.

Maîtrise du vieillissement des gaines des combustibles

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 ultérieures (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, et le retour d'expérience disponible en France et dans le monde est significatif.

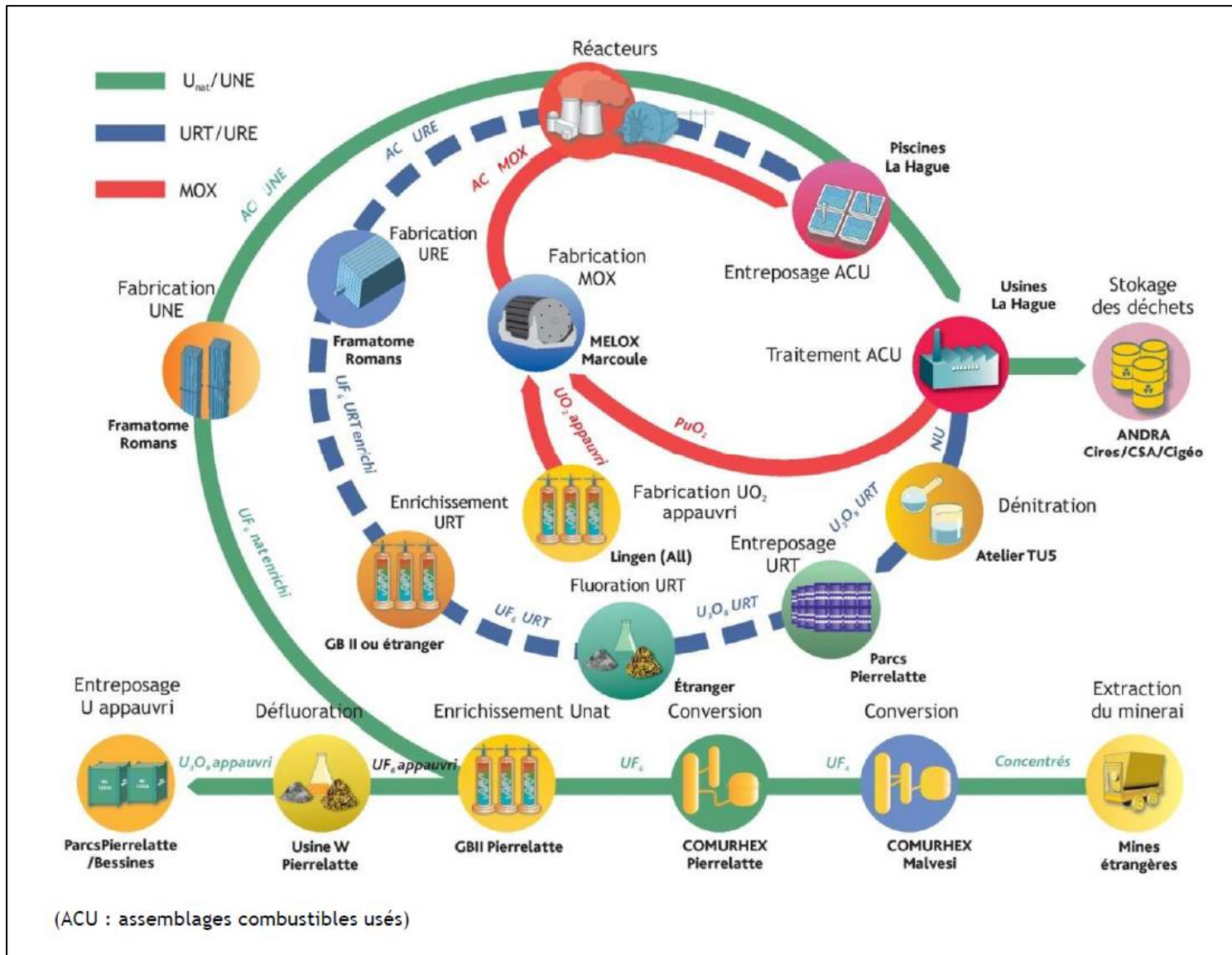
Dans les entreposages à sec, la capacité d'examen direct et aisé des gaines de combustibles est plus réduite. Les contrôles réalisés sont au mieux indirects, voire impossibles. Dans ce cas, la garantie de la maîtrise du vieillissement des gaines repose tout particulièrement sur des études, mais celles-ci sont à l'heure actuelle limitées pour certaines configurations (combustibles à taux de combustion élevés, combustibles MOX, durées d'entreposage supérieures à 40 ans).

Conclusions de l'IRSN

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.

Annexe 1 : Le cycle du combustible français



Annexe 2 - Synthèse : Adéquation des solutions d'entreposage en fonction de la puissance thermique du combustible utilisé.

