

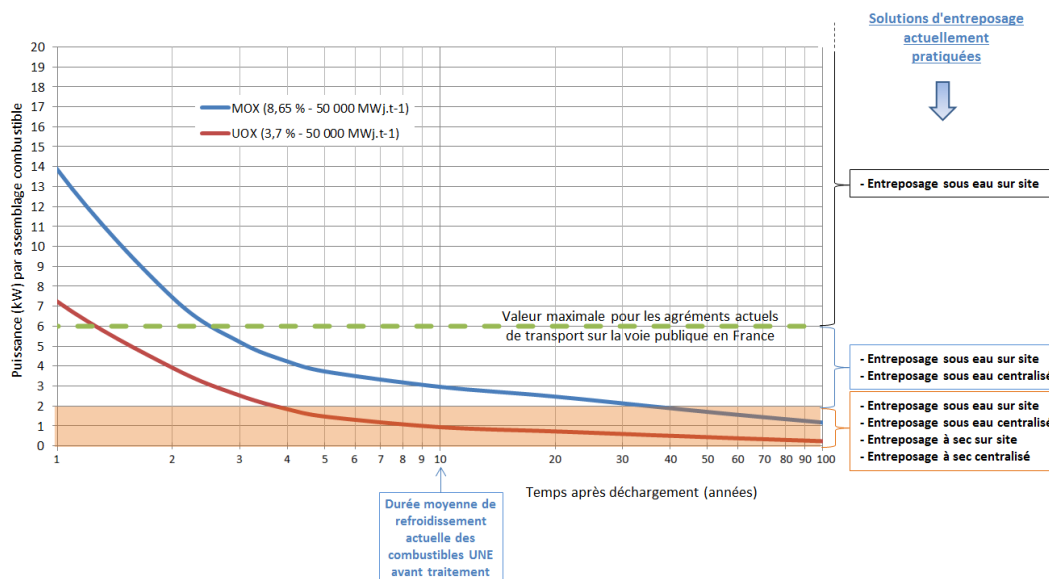
PNGMDR – fiche d'analyse des controverses techniques:

3 - b) Quels sont les mérites intrinsèques des différentes formes d'entreposage du combustible utilisé (à sec ou en piscine, centralisé ou sur site) ?

Cadre 1, rempli et retourné à la CPDP par mail pour le **lundi 22 octobre**.

La puissance thermique des combustibles est un élément déterminant pour choisir un type d'entreposage. L'entreposage en piscine est impératif pour les combustibles peu refroidis, l'entreposage à sec convient bien aux combustibles très refroidis. 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 sont plus sollicitées thermiquement et moins aisément contrôlables.

Après leur déchargement des réacteurs, les combustibles utilisés présentent une puissance thermique très élevée. La cinétique de décroissance dépend du type de combustible : elle est plus rapide pour les combustibles UNEⁱ et UREⁱⁱ que pour les combustibles MOXⁱⁱⁱ.



Une première contrainte pour le choix d'une solution d'entreposage est liée au transport. En France, transporter un combustible sur la voie publique nécessite que sa puissance thermique soit inférieure à 6 kW. Pour les UNE et URE cela nécessite 18 mois de refroidissement ; pour les MOX, 30 mois. Pendant cette durée les combustibles sont entreposés dans la piscine attenante à chaque réacteur.

Une autre exigence concerne la maîtrise du vieillissement des gaines des combustibles à base de zirconium. Ces gaines ont un rôle important en matière de sûreté et leur état conditionne les opérations ultérieures de gestion. Les mécanismes à l'origine de leur vieillissement (corrosion, hydruration, fluage...) conduisent à définir des exigences de sûreté qui portent en particulier sur la température des gaines et la chimie du milieu environnant. Une température maximale à la surface des gaines de l'ordre de 400 °C est retenue dans la plupart des pays. À plus haute température (au-delà de 600 °C), le

zirconium peut s'oxyder vivement en présence de vapeur d'eau. Il peut s'en suivre une détérioration rapide des gaines, une production importante d'hydrogène et un risque d'explosion. Cette réaction étant fortement exothermique elle peut conduire à un emballement.

L'entreposage en piscine est particulièrement adapté aux combustibles présentant une forte puissance thermique. 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 l'ordre de 50°C). En outre, une piscine offre une inertie thermique importante, facilitant la mise en œuvre des 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 volume d'eau suffisant et la disponibilité de systèmes de refroidissement. 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 et, en l'absence d'atténuation des rayonnements par l'eau, le débit de dose généré par les combustibles pourrait interdire l'accès au proche voisinage de la piscine. Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima a conduit à renforcer les approches de sûreté pour maîtriser ces risques, en visant le maintien en eau des combustibles en situations extrêmes d'origine naturelle.

L'entreposage à sec est réservé aux combustibles suffisamment refroidis. Les concepts d'entreposage actuels sont basés sur une puissance thermique moyenne des combustibles voisine de 2 kW. Ils permettent de faire 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. La puissance thermique de 2 kW est atteinte après quelques années de refroidissement pour les combustibles UNE/URE et quelques dizaines d'années pour les combustibles MOX (cf. figure).

Les exigences de sûreté sont le maintien du refroidissement passif et la qualité des barrières de confinement. La surveillance directe de l'état des gaines des combustibles, qui sont soumises à des conditions thermiques plus pénalisantes, n'est en général pas possible. Les entreposages à sec nécessitent en effet un conditionnement préalable des combustibles usés dans un emballage ou un conteneur fermé de manière étanche. En cas d'accident, le nombre de combustibles concernés serait limité à ceux contenus dans un même emballage ou conteneur et serait de ce fait moins important que dans le cas d'un entreposage sous eau pour lequel l'ensemble des combustibles présents dans la piscine pourrait être impacté. La puissance thermique et la quantité de radioactivité de ces combustibles étant par ailleurs plus faibles que celles des combustibles contenus dans une piscine, les conséquences pour l'environnement seraient également plus limitées.

L'entreposage sous eau est la solution privilégiée par les pays pratiquant le traitement des combustibles usés (France, Japon et Russie). En l'absence de traitement des combustibles usés (cas le plus fréquent dans le monde), les combustibles déchargés sont généralement placés dans des entreposages à sec après un refroidissement suffisant en piscine.

Références :

- *Rapport IRSN n°2018-00003 - Entreposage du combustible nucléaire usé : concepts et enjeux de sûreté - Rapport établi en réponse à une saisine de la Commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires - Juin 2018*

Cadre 2, rempli et retourné à la CPDP par mail pour le **mercredi 14 novembre** par les personnes ou organismes ayant des contre-arguments à présenter par référence au cadre 1.

Contre-Argumentation, présentée par (nom de la personne ou organisme):

Cadre 3, rempli entre le **15 et le 20 novembre** par l'auteur du cadre 1

Réponses de l'auteur du cadre 1 aux arguments développés dans le cadre 2

ⁱ UNE : combustible à base d'uranium naturel enrichi

ⁱⁱ URE : combustible à base d'uranium de retraitement

ⁱⁱⁱ MOX : combustible à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium