

## PNGMDR – fiche d'analyse des controverses techniques:

**1- a)** Quels sont les arguments techniques en faveur, ou en défaveur, du mono-recyclage actuellement pratiqué en France du point de vue de la gestion des déchets ?

**1- b)** Quels seraient les arguments techniques en faveur, ou en défaveur d'un éventuel multi-recyclage futur, et les conditions de sa faisabilité, du point de vue de la gestion des matières et déchets ?

### Cadre 1

***Position argumentée sur la question n° 1 exprimée par FNE***

### Cadre 2

***Contre-Argumentation, présentée par Orano***

#### **1. Panorama international**

***FNE indique « Si la plupart des pays nucléarisés ont fait le choix d'un « cycle ouvert » qui consiste à n'utiliser qu'une seule fois le combustible, puis à le traiter comme un déchet, la France a fait le choix d'un « cycle fermé » dans lequel le combustible est traité pour en extraire uranium et plutonium en vue d'une utilisation ultérieure ».***

D'autres pays que la France ont choisi de développer un cycle avec traitement/recyclage du combustible usé ; c'est notamment le cas de la Chine, de l'Inde, du Japon ou de la Russie.

- Le Japon a depuis longtemps fait le choix du « cycle fermé » avec le déploiement de capacités domestiques de retraitement et de recyclage en REL (réacteur à eau légère). Dans le cadre de la révision en cours de sa stratégie énergétique à l'horizon 2030, le METI (Ministère japonais en charge de l'industrie) confirme l'engagement du Japon dans cette politique de cycle fermé. À la suite de suite à l'accident de Fukushima, le redémarrage des réacteurs est soumis à une demande d'autorisation au cas par cas auprès de l'autorité de sûreté, la Nuclear Regulatory Authority, sur la base d'exigences de sûreté renforcées. Plusieurs des 7 réacteurs en service actuellement au Japon sont en partie chargé en combustibles MOX. Les réacteurs n° 3 et n°4 de la centrale de Takahama, exploitée par l'électricien Kansai Electric Power Company (KEPCO), fonctionnent partiellement avec du combustible MOX. En septembre 2017, Orano a livré 16 assemblages MOX à KEPCO. En mars 2018, la Fédération des Électriciens précisait que 16 à 18 réacteurs du parc national utiliseraient du combustible MOX.
- La Chine s'est lancée dans un programme de développement significatif de sa capacité nucléaire installée avec l'ambition affichée de développer 58 GW en 2020. En avril 2018, la Chine possède un parc de 39 réacteurs nucléaires en exploitation et 18 en construction. La politique de cycle fermé est affichée clairement par les autorités chinoises comme un objectif pour leur parc nucléaire, même si les combustibles usés ne sont pas recyclés à l'heure actuelle. Par ailleurs, Orano est en cours de discussion pour la fourniture à l'électricien CNNC (China National Nuclear Corporation) de capacités de traitement des combustibles usés et de recyclage du plutonium dont la mise en service est annoncée à l'horizon 2030.

- Les Pays-Bas poursuivent l'utilisation du combustible MOX démarrée en 2014, devenant alors le 7<sup>ème</sup> pays utilisant ou ayant utilisé du combustible MOX dans ses réacteurs.
- De plus, plusieurs électriciens européens produisent actuellement également de l'électricité à partir de l'URT.

La Suède et la Finlande ont fait le choix du cycle ouvert et se sont dotés d'un programme avancé pour le stockage direct de leurs combustibles usés.

De nombreux pays nucléarisés autres que ceux mentionnés ci-avant ont décidé d'entreposer, parfois sur le long terme, les combustibles usés en attendant une meilleure visibilité sur le développement de cycles avancés (séparation poussée ou transmutation) ou la mise en œuvre de stockage définitif.

- Les États-Unis ont abandonné le traitement/recyclage des combustibles usés dans les années 70, en particulier pour des objectifs de non-prolifération à l'international. À noter que le projet Yucca Mountain, désigné en 1987 comme l'unique solution pour le stockage ultime de déchets radioactifs en couche géologique profonde, a été suspendu par l'administration Obama après plus de 15 ans de consultations et de lois. Des initiatives ont alors été lancées afin de créer un centre d'entreposage intermédiaire de combustibles usés, notamment au Texas. Par ailleurs, le Département de l'Energie américain (DOE), conduit actuellement des travaux de R&D sur des cycles avancés et sur des technologies permettant de réduire les déchets, améliorer la sûreté tout en limitant les risques de prolifération. À ce stade, les combustibles usés sont cependant entreposés pour des durées probablement très longues, et les modalités de gestion pérenne de l'ensemble des combustibles usés produits ou à produire est encore à valider.

## **2. Origine et objectif de la technologie de traitement recyclage des combustibles usés**

Comme d'autres technologies (radar, GPS...), la technologie de traitement/recyclage a bénéficié des développements initialement poussés dans le domaine militaire. Des développements spécifiques à l'usage civil ont été réalisés, conduisant à des différences notables dans les technologies aujourd'hui mises en œuvre, en particulier dans le domaine du traitement des effluents et du conditionnement des déchets qui constituent aujourd'hui une activité essentielle des usines actuelles, en particulier à La Hague.

Un des objectifs majeurs du traitement/recyclage est clairement une meilleure gestion des déchets. Ainsi, parmi les développements réalisés, on peut citer la vitrification des produits de fission et la formulation de verres optimisés pour le stockage définitif, le creuset froid, la mise en œuvre de nouveaux procédés d'évaporation, de concentration des effluents, de recyclage interne des réactifs et l'utilisation de réactifs sans sels, les efforts de minimisation des déchets à la source, etc. Cet objectif de réduction des déchets et de leur impact est également une source essentielle de motivation pour les personnes qui travaillent dans ces usines.

En outre, d'autres développements ont été rendus nécessaires d'une part pour adapter les usines au traitement de matières uranium et plutonium issues des réacteurs de la filière française, dont l'isotopie n'intéresse pas les militaires et qui sont plus contraignantes à traiter, et d'autre part réduire les impacts radiologiques sur le personnel et les populations locales.

Le recyclage est désormais préconisé pour toutes les industries (plastique, métaux, verre, batteries...). Dans ce domaine, le nucléaire a été précurseur depuis plus de 40 ans. Remettre en cause le principe même du recyclage des matières nucléaires nous apparaît incompréhensible au regard des défis environnementaux et climatiques contemporains. Tout défenseur de l'environnement ne peut que promouvoir le principe du recyclage, dans le nucléaire comme dans les autres industries, tant pour réduire les déchets que pour sauvegarder les ressources naturelles.

### 3. Efficacité du traitement recyclage, taux de recyclage, impact sur les déchets et l'environnement

**France Nature Environnement indique qu'un « rapport du Haut Comité sur la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) publié en 2018 a donné à voir les limites de cette option industrielle. À peine 1% des combustibles irradiés sont effectivement recyclés en France ».**

Une citation plus complète de même rapport précise (p 6/101<sup>1</sup>) que :

*« Sur 1 200 tonnes de combustibles chargées chaque année dans les réacteurs, 120 tonnes sont des combustibles MOX fabriqués à partir des 10,8 tonnes de plutonium recyclé.*

*Si l'on comptabilise les quantités de matières recyclées, il convient de considérer un taux de recyclage inférieur à 1% correspondant au rapport 10,8 t (matières recyclées) / 1 200 t (matières totales chargées).*

*Si l'on considère le potentiel énergétique des matières, on peut considérer que la fraction économisée de combustible frais à l'uranium naturel enrichi permise par le recyclage du plutonium conduit à établir le rapport 120 t (combustibles issus du recyclage) / 1 200 t (totalité des combustibles), ce qui représente un taux de recyclage de 10% [Note de bas de page : Ce taux s'élèverait à 16 % avec la reprise du recyclage de l'uranium de retraitement sur les 4 réacteurs de Cruas (ces réacteurs fonctionneraient avec 74 t d'URE par an environ)]. C'est également un taux de 10% qu'il convient de retenir si on considère l'économie d'uranium naturel permise par le combustible MOX (au total 18 000 t d'uranium naturel ont été économisées depuis 1987)».*

Comme indiqué également dans ce rapport (cf. page 88), il convient de rappeler que jusqu'en 2009, le flux de traitement à La Hague était d'environ 850 tMI/an et qu'EDF utilisait entre 17% et 34% de la production annuelle d'URT selon les années. Entre 2010 et 2012 inclus, 590 tonnes d'URT/an (60% de la production annuelle) ont été utilisées pour fabriquer de l'URE.

Enfin, à la page 90 de ce même rapport, il est précisé que « Les premières tranches qui seront chargées en combustible URE seront progressivement les tranches de Cruas, puis à partir de 2027 jusqu'à 3 tranches de réacteurs 1300 MWe. Ainsi, en régime stabilisé, environ 138 tonnes de combustible URE seront chargées annuellement, correspondant à environ 1 100 tonnes d'URT recyclées soit un peu plus que la production annuelle d'URT issue du traitement (dans ce rapport de 1 080 tonnes de combustible URE)».

Ajoutée à 120 t de MOX, cette quantité conduirait à (138 t + 120 t) / 1 200 tonnes représentant une économie de ressource naturelle supérieure à 20%.

À titre de comparaison, notons que le traitement et le recyclage d'une tonne de combustible avec les technologies actuelles, conduit à

- l'économie d'une tonne environ d'uranium naturel en cas de seul recyclage du plutonium sous forme de MOX,
- et une économie de deux tonnes environ d'uranium naturel en cas de recyclage de l'uranium et du plutonium.

**FNE écrit que « Le retraitement tel qu'il est pratiqué aujourd'hui en France pour répondre au besoin de la filière Mox par l'extraction de Plutonium [voir Fiche n°2] n'est pas sans poser de problèmes. Il faut manipuler, découper, attaquer chimiquement les combustibles usés qui sont les produits les plus radioactifs même après plusieurs années de refroidissement. C'est à La Hague qu'on trouve les rejets les plus importants dans l'environnement, tant dans le milieu marin que dans**

<sup>1</sup> Rapport du HCTISN "présentation du « cycle du combustible » français en 2018" -27 juillet 2018 (mise à jour 21 septembre 2018)

## ***l'atmosphère.***

Le traitement des combustibles usés est en effet une opération difficile, sur laquelle la France dispose d'une avance technologique importante qui a permis son industrialisation. Les améliorations apportées à la conception et à l'exploitation des usines ont conduit à traiter des combustibles ayant produit des quantités croissantes d'énergie, tout en réduisant de manière importante les rejets et les doses radiologiques aux travailleurs et aux populations. L'impact des usines actuelles sur les populations de référence est aujourd'hui inférieur à 0.02 mSv/an (soit moins de 1% de la radioactivité naturelle ou l'équivalent du surcroît de radioactivité subie par un parisien allant passer un week-end prolongé en Bretagne).

***FNE ajoute, concernant le combustible MOX : « Une fois irradié dans un réacteur, le combustible MOX, étant plus radioactif, donc plus chaud, devra refroidir près de 80 ans si on veut l'enfouir. En ce sens CIGEO et le MOX sont incompatibles. Ce recyclage provoque un ballet incessant de transports radioactifs dans toute la France. Le MOX provoque un risque accru en cas d'accident. Enfin, le plutonium séparé risque de contribuer à la prolifération des armes nucléaires alors que s'il est demeuré au sein d'un combustible usé, son utilisation est quasi impossible ».***

Le MOX n'est pas destiné au stockage géologique, il est destiné à être recyclé.

S'il fallait un jour néanmoins le stocker, il faudrait en effet l'entreposer pour le laisser refroidir afin de respecter les critères thermiques de CIGEO.

Les propriétés neutroniques du MOX sont différentes de celles d'un combustible UNE composé d'uranium enrichi. Les réacteurs utilisant du MOX sont donc adaptés à l'usage de ce combustible, et ils doivent respecter les mêmes critères de sûreté que les autres réacteurs. Ainsi, le fonctionnement d'un réacteur MOX présente le même niveau de sûreté que celui d'un réacteur fonctionnant à l'UNE. De la même manière, les combustibles MOX sont fabriqués dans les usines de traitement/recyclage dans des installations conçues et exploitées en conséquence, et ils sont transportés dans des emballages prévus à cet effet.

Le plutonium séparé fait l'objet de multiples protections permettant d'empêcher tout détournement tant lors de sa séparation que de son entreposage ou de son transport. A l'inverse, si le détournement du plutonium contenu dans les combustibles usés est dans un premier temps presque impossible, il n'en est plus de même après quelques dizaines d'années après la décroissance des principaux produits de fission et donc la diminution du caractère auto-protecteur des combustibles usés.

***France Nature Environnement indique que le « principal inconvénient du recyclage est de déclarer que tout est « matières » et que rien n'est déchets, ce qui provoque une accumulation de matières dont l'écotoxicité est loin d'être nulle : l'uranium dit de retraitement qui s'entasse sur le site de Pierrelatte, le Plutonium dont le stock ne cesse de grossir au fil des années et des substances qui concentrent des dangers «pour l'éternité», sans oublier les quelques 300.000 tonnes d'uranium appauvri. La valorisation promise de toutes ces matières n'a jamais eu lieu en dépit de promesses récurrentes depuis quarante ans ».***

Contrairement à ce qui est indiqué dans ce paragraphe, la valorisation des matières telles que le plutonium, l'uranium de retraitement ou l'uranium appauvri a bien eu lieu ; les quantités sont rappelées dans le rapport du HCTISN « Présentation du Cycle du Combustible français en 2018 ».

Concernant l'uranium appauvri, le stock évoqué ne résulte pas de services de traitement/recyclage mais des services d'enrichissement d'uranium naturel proposé par Orano pour le compte de ses clients Français et internationaux. Le recyclage du combustible usé sous forme de combustible MOX qui contient 90% d'uranium appauvri, diminue en proportion le recours à l'uranium naturel.

S'agissant de valorisation de l'uranium appauvri, comme rappelé dans le rapport du

HCTISN, Orano a pratiqué le ré-enrichissement d'une partie de son stock d'uranium appauvri directement dans ses installations ou en ayant recours aux capacités russes. Cette réutilisation a augmenté au milieu des années 2000 avec la flambée des cours de l'uranium. Elle a concerné de l'ordre de 60 000 tonnes d'uranium appauvri entre 2000 et 2010.

Les perspectives de valorisation sur les court, moyen et long termes de l'uranium appauvri d'Orano ont par ailleurs été présentées en réunion plénière du Groupe de Travail PNGMDR du 21 septembre 2018, ainsi que dans le cadre des travaux du HCTISN, avec notamment un scénario prospectif de ré-enrichissement du stock d'uranium appauvri permettant de produire plus 100 000 t d'uranium naturel sur les 40 prochaines années (sachant que le besoin en uranium naturel du parc électronucléaire français est estimé à environ 300 000 tU sur cette période).

#### 4. Recyclage de l'uranium de retraitement

**FNE écrit : « Jusqu'en 1983, la conversion s'est faite en France à Malvési. Il en est résulté des boues chargées de produits de fission et de plutonium (car le retraitement n'élimine pas vraiment toutes traces de ces produits) qui sont aujourd'hui stockées sur site à Narbonne et sont devenues une installation nucléaire de base gérée par l'ASN. Cette installation n'est qu'un entreposage pour 30 ans fait dans l'urgence d'un accident.**

**Ensuite quand EDF a voulu reprendre la conversion et l'enrichissement de l'uranium de retraitement, AREVA a sous-traité ces opérations à la Russie où les contraintes environnementales sont nulles, ceci jusqu'en 2014. Il a ainsi été produit quelques dizaines de tonnes de combustibles à base d'uranium de retraitement qui ont été chargées dans le réacteur de CRUAS.**

**EDF envisage de reprendre le stock d'uranium de retraitement pour charger à nouveau CRUAS à partir de 2023. Au vu de ces deux tentatives, la récupération de l'uranium de retraitement est vraiment à proscrire ».**

Le site industriel Orano de Malvési (Narbonne) opère depuis 1960 la première étape de la conversion nécessaire au cycle du combustible nucléaire. Les effluents liquides issus du procédé sont neutralisés à la chaux puis dirigés vers les bassins de décantation où s'effectue une séparation solide-liquide. Les bassins de décantation se remplissent donc au fur et à mesure de la fraction solide des effluents (boues de fluorine et d'hydroxydes métalliques) constituant les déchets solides du procédé de conversion. La fraction liquide des effluents, clarifiée par la décantation, rejoint les bassins d'évaporation où elle est concentrée par évaporation naturelle.

L'événement mentionné ici fait probablement référence à la rupture d'une digue d'un des bassins dits B2 intervenue en 2004, à la suite de fortes pluies, et ayant entraîné l'écoulement de boues nitratées. Orano a investi plusieurs dizaines de millions d'euros pour développer une solution en vue de traiter les effluents liquides entreposés dans les bassins d'évaporation par la mise en œuvre d'un procédé de dénitrification thermique, afin d'obtenir un déchet solide stockable dans une filière agréée.

Malvési a réalisé entre 1960 et 1983 quelques campagnes de conversion d'uranium de retraitement URT, dont les déchets solides ont rejoint les bassins de décantation dits B1 et B2. Ceux-ci contiennent donc des traces de radionucléides artificiels et, du fait de la Loi de 2006, relèvent de la réglementation des installations nucléaires de base. Orano a ainsi déposé en 2010 un dossier de création de l'INB, dénommée ÉCRIN, qui a fait l'objet d'une enquête publique en 2013 et d'un décret en juillet 2015. L'ASN a autorisé, le 12 octobre 2018, la mise en service de l'INB n°175 ÉCRIN.

L'activité contenue dans les bassins de décantation B1 et B2 de résidus de traitement de conversion est constituée à 99% de radionucléides naturels. Les principaux contributeurs sont les isotopes naturels de l'uranium et du thorium, et en particulier le <sup>230</sup>Th dont l'activité

massique représente la moitié de celle contenue dans l'ensemble de ces boues. Les isotopes artificiels ne représentant que 1% de l'activité totale.

De 1994 à 2013, 4 350 tonnes d'uranium de retraitement (URT) ont été recyclées pour produire, après enrichissement, quelques centaines de tonnes de combustibles à base d'uranium de retraitement enrichi (URE) à destination des 4 réacteurs EDF de Cruas. Ce recyclage d'URT a permis d'économiser une quantité équivalente d'uranium naturel.

## 5. Cycle ouvert vs. cycle fermé

**FNE écrit : « Réalisme et prudence invitent à reconsidérer complètement la gestion des matières et déchets issus du traitement des combustibles usés. Puisque les substances effectivement recyclées représentent un volume dérisoire au regard des quantités de matières utilisées pour la fabrication du combustible en amont, ne conviendrait-il pas aujourd'hui de privilégier un cycle ouvert ?**

**Ce défi n'est pas hors d'atteinte. De nombreux États ont renoncé depuis longtemps au cycle fermé sans que cela entraîne les catastrophes industrielles que certains prédisaient. Bien au contraire un tel cycle s'est avéré plus robuste tant sur le plan de la sûreté que de la sécurité. En France il n'y aurait qu'un pas à franchir sur cette voie avant qu'Orano ne soit amené à réaliser des opérations dispendieuses de « revamping » des sites de La Hague et de Marcoule.**

**Cela implique d'envisager avec toutes les parties prenantes une requalification des substances radioactives accumulées en vue d'une utilisation qui n'a quasiment jamais eu lieu ».**

Ainsi que rappelé précédemment, et contrairement à ce qui est indiqué dans ce paragraphe, la valorisation des matières telles que le plutonium, l'uranium de retraitement (URT) ou l'uranium appauvri a bien eu lieu ; les quantités sont rappelées dans le rapport du HCTISN « Présentation du Cycle du Combustible français en 2018 ».

L'abandon du recyclage et le basculement vers un cycle ouvert entraînerait :

- Une augmentation très importante (x5 à x10) des combustibles usés à entreposer dans l'attente d'un stockage définitif ;
- Une augmentation très significative du volume des déchets HA à stocker (x5) ;
- Une augmentation sensible de la consommation en ressource naturelle (+20% par rapport à un mono-recyclage de l'uranium et du plutonium), et une augmentation de la production d'uranium appauvri ;
- Une absence d'usage des matières URT et plutonium en France.

À titre d'exemple, le renoncement au traitement/recyclage par les États-Unis, pays doté d'une flotte nucléaire représentant le double du parc français, les conduit à devoir entreposer aujourd'hui de l'ordre de 80 000 tonnes de combustibles usés, en piscine ou en stockage à sec. Leur projet de stockage définitif (Yucca Mountain) est à l'arrêt, et est déjà virtuellement saturé. La tenue mécanique des combustibles usés en entreposage à sec de très longue durée est matière à études, faisant peser des incertitudes sur la reprise pour conditionnement de ces combustibles avant stockage définitif. La NRC, l'autorité de sûreté nucléaire américaine, s'interroge également sur les conséquences en termes de non-prolifération liée à l'accumulation de combustibles refroidis n'offrant plus un niveau adéquat de protection pour les matières contenues dans ces combustibles. Tout cela conduit à un niveau élevé de risque industriel et d'incertitude très éloigné de la vision simpliste initiale du stockage direct. Le Département de l'Energie américain (DOE) poursuit actuellement des travaux de R&D sur des cycles avancés.

**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***