

CHAPITRE I : IMPACTS DE LA PPE ET CYCLE DU COMBUSTIBLE

Jusqu'à la date de publication de son 13^{ème} rapport, la Commission avait observé que l'aval du cycle du combustible et le cycle des matières répondaient à plusieurs impératifs :

- la recherche d'une indépendance énergétique après le choc pétrolier de 1973 ;
- le classement de l'uranium appauvri, de l'uranium de retraitement et du plutonium en matières nucléaires énergétiques, donc valorisables ;
- la loi de 1991 comportant trois volets : entreposage, stockage et séparation – transmutation ;
- la loi de 2006 prévoyant la réalisation d'un prototype de réacteur à neutrons rapides (RNR GEN IV) pour un déploiement à l'horizon 2040.

Dans le cadre de la stratégie énergétique découlant de la loi de 2006, les réacteurs à neutrons rapides (RNR) permettent de valoriser le stock de plutonium issu du retraitement des combustibles usés du parc nucléaire actuel, de fermer le cycle du combustible RNR et de réaliser partiellement la transmutation des actinides mineurs présents dans les déchets afin de réduire leur inventaire et leur radio-toxicité. Par ailleurs, un parc de RNR utilisant un combustible recyclé assurerait l'indépendance totale de la France vis-à-vis de la ressource en uranium naturel.

Plusieurs dispositions de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) modifient profondément cette approche. La Commission a partiellement abordé ce sujet dans son rapport n°13. Dans le présent rapport (n°14), la Commission analyse l'impact de la PPE sur les études et recherches en cours ou programmées par les acteurs de la Loi. Certains aspects sont développés dans l'annexe VII.

1.1 LES NOUVELLES DISPOSITIONS INTRODUITES PAR LA PPE

Le Ministère de la transition écologique et solidaire a publié dans son intégralité le projet de PPE qui « *constituera le fondement de l'avenir énergétique de la France pour les prochaines années* ». La PPE a été adoptée par décret du Premier ministre en date du 21 avril 2020, après un débat public et l'avis des instances appelées par la loi à se prononcer. L'analyse de la Commission est basée sur ces éléments.

Pour ce qui concerne plus particulièrement la production d'électricité d'origine nucléaire, la PPE définit plusieurs évolutions majeures par rapport à la stratégie qui prévalait jusqu'alors. Certaines d'entre elles auront un impact très significatif sur la gestion des matières et des déchets nucléaires et sur le contenu des recherches conduites ou à conduire sur ces questions.

La mesure la plus emblématique de la PPE est la réduction à 50 % de la part du nucléaire dans la production d'électricité en France à l'horizon 2035 et, en conséquence, la mise à l'arrêt de 14 réacteurs nucléaires d'ici 2035 (tranches de 900 MWe). Dans le même temps, la politique de recyclage des combustibles usés, telle qu'elle existe aujourd'hui, sera poursuivie, au moins jusqu'en 2040 qui est l'échéance prévue pour le renouvellement des principales installations de retraitement et de fabrication du MOX. Comme ce sont les tranches de 900 MWe qui utilisent aujourd'hui le combustible MOX, cette orientation rend indispensable l'adaptation au MOX (moxage) d'un nombre suffisant de réacteurs de 1300 MWe pour consommer le plutonium issu du retraitement.

L'autre mesure forte contenue dans la PPE est l'arrêt du programme Astrid (déjà annoncé mi-2019) et le report à la fin du 21^{ème} siècle de la construction éventuelle d'un démonstrateur suivie du déploiement de RNR.

Pour limiter l'accumulation de combustibles usés contenant du plutonium, la PPE prévoit que « des études seront menées en vue du déploiement du multi-recyclage des combustibles dans les réacteurs du parc actuel ». Ce multi-recyclage, s'il est déployé industriellement et probablement pas avant 2040, ne pourrait l'être que si les six nouveaux réacteurs EPR2, (pour lesquels EDF doit faire des propositions au gouvernement pour 2021), sont construits. Le multi-recyclage en REP est présenté comme une étape en vue de la fermeture du cycle. Celle-ci ne pourra être atteinte qu'avec le déploiement de RNR. Les performances et l'intérêt au plan scientifique, technique, économique et stratégique du multi-recyclage pour la préparation de l'étape RNR, restent à confirmer.

Lors de leurs auditions, EDF, Orano et le CEA ont fourni à la Commission des informations sur la manière dont ils envisagent de mettre en œuvre la PPE. EDF, notamment, a indiqué à la Commission que les éléments connus à ce jour ne lui permettent pas d'extrapolation au-delà de 2035. D'autre part, l'ASN a demandé qu'une évaluation de l'impact de la PPE sur le cycle du combustible soit réalisée six mois après sa mise en place.

1.2 LES IMPACTS SUR LES RECHERCHES RELATIVES AUX REACTEURS

1.2.1 Moxage des réacteurs de 1300 MWe

La diminution de la part de l'électricité nucléaire au profit des énergies renouvelables prévue par la PPE entraînera la fermeture de 12 réacteurs de 900 MWe entre 2027 et 2035 (en plus des deux réacteurs de Fessenheim arrêtés en 2020). Or les réacteurs de 900 MWe sont les seuls autorisés, aujourd'hui, à utiliser du combustible MOX. EDF étudie donc les modifications à apporter à des réacteurs de 1300 MWe afin de demander une autorisation à l'ASN pour utiliser du combustible MOX, en complément des réacteurs de 900 MWe restant en fonctionnement. Six réacteurs de 1300 MWe utilisant un combustible MOX maintiendraient le recyclage du plutonium tel qu'il est mis en œuvre aujourd'hui. Ce recyclage permet une économie de 10 % des importations d'uranium naturel.

La Commission recommande de ne pas sous-estimer le travail nécessaire à l'adaptation des réacteurs de 1300 MWe au moxage et à l'obtention des autorisations requises.

A plus long terme, un projet de construction de six EPR2 doit être proposé en 2021 pour remplacer les réacteurs de 900 MWe qui arriveront progressivement en fin de vie. L'ajout de ces réacteurs au parc permettrait de poursuivre la politique de mono-recyclage du plutonium à l'aide du combustible MOX.

1.2.2 Adaptation des EPR2 au multi-recyclage

EDF a présenté à la Commission le multi-recyclage en REP comme une conséquence de la PPE qu'elle va s'efforcer de mettre en œuvre, avec l'objectif principal de ne pas perturber la production d'électricité.

La stabilisation des inventaires de combustibles usés et de plutonium est un objectif secondaire. Les auditions conduites par la Commission ont montré que les paramètres qui gouvernent cette stabilisation ne sont pas encore précisément définis ni *a fortiori* quantifiés.

La PPE prévoit un déploiement industriel vers 2040. La Commission souligne que le calendrier sera difficile à tenir :

- *EDF prévoit des tests de combustibles prototypes en réacteur vers 2025-2028. Conduire de tels tests dans des délais aussi courts paraît peu réaliste ;*
- *Le multi-recyclage en REP fera appel aux réacteurs d'un parc EPR2 dont la réalisation n'est pas décidée à ce jour.*

Dans le cadre de la PPE, EDF doit fournir un plan de développement chiffré du multi-recyclage, incluant l'impact sur les usines du cycle et le développement d'installations spécifiques. Les données actuelles ne permettent pas de l'établir.

Le multi-recyclage est présenté par la PPE comme une première étape vers le déploiement de RNR. Il nécessitera probablement d'investir des ressources très significatives. La Commission souhaiterait savoir dans quelle mesure les investissements consacrés au multi-recyclage en REP contribueront effectivement à la R&D concernant les RNR.

1.2.3 Les recherches relatives aux RNR

a) Bilan d'Astrid et programme de recherche sur les RNR post 2019

Les travaux menés dans le cadre du programme Astrid jusqu'en 2019 ont abouti au volumineux dossier de fin de convention (DFC : 2000 documents), capitalisant dix ans de recherches et d'innovations technologiques sur les RNR de quatrième génération utilisant le sodium comme caloporteur (RNR-Na).

Avec l'arrêt du programme Astrid, l'objectif majeur aujourd'hui est de préserver la capacité nationale à redémarrer un projet de RNR-Na de quatrième génération à l'horizon de la deuxième moitié de ce siècle. Pour cela, trois axes de recherche seront mis en œuvre par le CEA : rationaliser les acquis d'Astrid, démontrer le caractère recyclable des matières en RNR et explorer des procédés de nouvelle génération pour le cycle du combustible. Tous comporteront des travaux d'amélioration des modèles de simulation. Certains des grands outils expérimentaux mis en service à l'occasion d'Astrid pour qualifier ces modèles seront réutilisables. Cependant quelques outils seront arrêtés faute de nouveaux partenaires.

Le CEA envisage donc un nouveau programme de R&D, conforme à la PPE, fondé essentiellement sur la simulation. Il comporte un socle de travaux sur la physique et les

matériaux, la poursuite de développements technologiques ciblés autour du concept de RNR-Na (justification de la durée de vie de composants, visualisation dans le sodium...) et des travaux d'esquisses et de veille technologique sur d'autres concepts de RNR, ou destinés à minimiser le coût d'un RNR-Na par rapport aux hypothèses de conception d'Astrid. Les travaux de démonstration s'appuieront principalement sur des expériences conduites ou à conduire dans le réacteur russe BOR 60.

La Commission prend note, suite à l'arrêt du projet Astrid, des nouvelles orientations sur les RNR. Elle rappelle la recommandation de son rapport précédent : la définition d'un programme ambitieux à l'échelle nationale est indispensable pour relever les défis scientifiques et technologiques en cohérence avec la fermeture du cycle. Le redémarrage de projets sur les RNR étant prévu dans 30 ans au mieux, il mobilisera donc la prochaine génération de scientifiques et d'ingénieurs à qui il faudra transmettre un savoir-faire aujourd'hui reconnu comme étant de premier plan au niveau international.

La Commission considère que le programme proposé par le CEA est trop modeste pour répondre à ces objectifs. Elle estime qu'un programme de R&D associant simulation et plateformes expérimentales exigerait un projet consolidé de réacteur RNR expérimental pour permettre la pleine valorisation des acquis d'Astrid.

b) La collaboration internationale

La collaboration internationale est l'un des moyens avancés pour conserver et valoriser les compétences françaises malgré l'arrêt du programme Astrid. Le CEA a établi des relations bilatérales avec tous les acteurs mondiaux du développement de RNR :

- le partenariat le plus engagé est celui avec le Japon qui avait manifesté son intérêt en s'associant au projet Astrid ;
- la collaboration avec la Russie consiste en des projets d'irradiation dans les réacteurs RNR russes mais sans projet commun ;
- les contours de la collaboration avec les Etats-Unis doivent encore être définis ;
- les collaborations avec la Chine et l'Inde sont embryonnaires.

Si la France souhaite valoriser ses acquis et conserver les connaissances accumulées sur les RNR, la Commission note que le nombre des partenaires possibles pour établir un projet dynamique en collaboration internationale est très limité.

La Commission constate par ailleurs que les travaux menés en France dépendent de l'emploi d'un RNR russe sans qu'il existe de projet en parallèle pour s'en affranchir en cas d'indisponibilité de ce dernier.

Ce constat souligne la nécessité de disposer d'une installation d'irradiation avec des neutrons rapides a minima au niveau européen.

1.2.4 Le maintien des compétences pour la gestion du parc

Dans ses rapports précédents, la Commission a insisté sur la nécessité d'un maintien et même d'un développement des compétences pour une gestion responsable du parc, et donc des matières et des déchets.

S'agissant notamment de la séparation, la France, grâce aux travaux du CEA et d'Orano, a acquis une compétence unique en matière de traitement du combustible usé, et il est très important que la R&D indispensable à la mise au point des futurs procédés de traitement applicables au multi-recyclage du MOX REP et du MOX RNR puisse disposer des meilleurs experts. Il s'agit donc de pouvoir attirer de nouveaux talents, ce qui n'est possible qu'en affichant une ambition collective nationale au travers d'un grand projet dédié aux réacteurs du futur. En effet, la Commission considère qu'une partie des retards des programmes de construction des réacteurs EPR, ainsi que du réacteur d'irradiation Jules Horowitz (RJH), est imputable à une perte de compétences scientifiques et industrielles liée à une longue période sans projet.

Pour relever les défis technologiques indispensables à la réalisation des réacteurs du futur et à la gestion optimale des matières et déchets à un coût acceptable, la Commission renouvelle sa recommandation (Cf. rapport n°13) d'un ambitieux programme national de R&D, appuyé sur des projets concrets.

17

1.2.5 Le programme Nuward

Dans le but de diversifier leur offre, les fournisseurs de centrales électronucléaires s'intéressent aux réacteurs nucléaires de faible puissance. Dans les années récentes, des projets de petits réacteurs modulaires (SMR) ont vu le jour. Quatre acteurs de la filière française (EDF, Technicatome, le CEA et Naval Group) se sont associés pour développer un petit réacteur à eau pressurisée, baptisé NUWARD™, exclusivement destiné à l'exportation sur le segment de marché de 300 MWe à 400 MWe. Parallèlement, lors du sommet de l'AIEA de septembre 2019, un accord de coopération exploratoire a été signé entre EDF, le CEA et Westinghouse pour le développement d'un SMR.

Un projet, actuellement au début de la phase d'avant-projet sommaire, a été présenté par EDF à la Commission. EDF a rapporté que de nombreux programmes similaires sont actuellement en cours de développement dans plusieurs pays (USA, Chine, Russie, Corée du Sud, Argentine). Le programme NUWARD™ accuse d'emblée un retard très significatif par rapport à ses concurrents. Par ailleurs, le contenu du partenariat en cours de négociation entre le CEA et Westinghouse sur la thématique SMR reste pour une grande part à négocier.

La Commission observe que le programme NUWARD™ n'en est encore qu'aux prémices. L'exportation de SMR devra s'accompagner de propositions de gestion des matières et des déchets en adéquation avec les accords internationaux.

Enfin, en l'absence d'application sur le sol national, au moins à titre d'exemple, ce projet pourrait se heurter à quelques difficultés pour rencontrer le succès espéré sur un marché international qui sera, à n'en pas douter, très concurrentiel.

1.3 LES RECHERCHES ET TRAVAUX RELATIFS AUX COMBUSTIBLES ET AUX MATIERES

1.3.1 Le combustible URE

Entre 1994 et 2013, quatre réacteurs de Cruas ont utilisé de l'uranium de retraitement enrichi (URE) par l'industriel russe TENEX. Bien que le retour d'expérience de l'URE en réacteur soit excellent, la filière a été arrêtée en 2013 à la suite de différends entre la société TENEX et Orano.

EDF a décidé en 2018 de reprendre la filière URE avec le même fournisseur. En effet, TENEX s'engage désormais à conditionner ses effluents par vitrification, ce qui lève les réserves environnementales partiellement à l'origine de l'arrêt de la filière. Cette décision est liée à l'économie faite sur l'importation d'uranium naturel, mais aussi à la saturation imminente des capacités d'entreposage de l'uranium de retraitement (URT).

18

1.3.2 Le combustible MOX et les combustibles destinés au multi-recyclage

Actuellement, un seul type de combustible MOX est fabriqué pour les besoins français et utilisé dans les réacteurs de 900 MWe ; d'autres compositions de MOX sont fabriquées par l'usine Melox pour l'exportation.

Le combustible MOX qui sera utilisé par les réacteurs de 1300 MWe sera très comparable à celui des réacteurs actuels de 900 MWe (teneur maximum en Pu : 9.08 % ; isotopie et zonage identique). Seule la longueur de l'assemblage change. Pour autant, il convient de rappeler qu'en raison de la dégradation de l'isotopie du plutonium, l'utilisation du combustible MOX en réacteur est limitée à un cycle dans les conditions d'utilisation actuelles, ce qui conduit à un besoin croissant d'entreposage de MOX usés.

Le multi-recyclage du plutonium en REP nécessitera des combustibles nettement plus riches en Pu. Leur fabrication s'appuiera sur l'expérience acquise de 1963 à 1999 avec les combustibles RNR des réacteurs Rapsodie, Phénix et Superphénix. De nombreuses études sont en cours concernant la métallurgie des poudres pour la fabrication de ces combustibles. Orano prévoit de modifier le procédé de production d'oxyde d'uranium appauvri entrant dans la composition du MOX dans le but de limiter les rebuts lors de la fabrication.

Deux types de combustibles destinés au multi-recyclage du Pu en REP sont étudiés :

- le CORAIL-A qui associe des crayons UOX et des crayons MOX (concept d'assemblage hétérogène). Le CEA et EDF étudient plusieurs dispositions des crayons UOX et MOX dans l'assemblage ;
- le MIX qui est un mélange de plutonium recyclé (maximum 12 %) avec de l'uranium enrichi, qui compense la dégradation isotopique du plutonium. Il faut donc augmenter la quantité d'uranium enrichi à chaque recyclage, avec un taux maximum de 4 %.

La Commission souligne que le MIX serait mieux adapté pour atteindre l'objectif de diminution de l'inventaire de déchets et de matières car il permet de consommer plus de Pu. Par contre, il nécessiterait plus de travaux de développement que le Corail-A, qui peut être réalisé grâce à une adaptation des procédés actuels.

Les combustibles Corail-A ou Mix demandent des installations de fabrication du combustible MOX, mais aussi des installations de retraitement du combustible usé adaptées aux teneurs en Pu et U et à leurs isotopies. Pour utiliser les usines Melox et de La Hague jusqu'en 2050, des investissements importants, encore à évaluer, seront nécessaires en vue d'adapter les installations actuelles.

La Commission attire l'attention sur un inconvénient majeur d'une telle stratégie de multi-recyclage. En raison du changement des proportions isotopiques du Pu au cours du multi-recyclage (augmentation des isotopes pairs), la manipulation du Pu devient radiologiquement plus complexe. Par ailleurs, le Pu disponible et de qualité adéquate pour lancer un parc RNR à la fin du 21^{ème} siècle, comme prévu par la PPE, pourrait s'avérer insuffisant.

19

1.3.3 L'impact sur les usines du cycle et leur renouvellement vers 2040-2050

D'après Orano, les installations actuelles permettant de traiter du combustible usé UOX et de produire du combustible MOX seront opérationnelles en l'état jusqu'en 2040 sans investissement de jouvence important (leur maintien en fonctionnement nécessitera probablement quelques interventions comme le changement des évaporateurs). Orano possède déjà un retour d'expérience du remplacement de modules importants. Les installations actuelles peuvent accepter sans difficultés de l'UOX avec des taux de combustion jusqu'à 45/50 GWj/t et peuvent produire jusqu'à 30 - 40 t/an de MOX REP (jusqu'à 12 % de Pu).

Le multi-recyclage du Pu en REP implique tout d'abord la maîtrise du traitement des MOX usés. A ce jour, le plutonium utilisé pour la fabrication des MOX est issu du traitement à La Hague des combustibles UOX usés. Le multi-recyclage en REP nécessitera la construction de nouvelles usines de traitement, approximativement à l'échéance prévue de renouvellement des usines actuelles (pour La Hague, au plus tard en 2050), avec une radioprotection adaptée et permettant la mise en œuvre de matières induisant des effets radiolytiques importants.

Depuis 1992, des campagnes de traitement de MOX REP usés ont été réalisées à La Hague dans le cadre d'une collaboration CEA - Orano. En 1998, une première campagne de traitement par dilution avec du combustible UOX usé a été suivie de campagnes de démonstration industrielle de 2004 à 2008 ; 70 tonnes de MOX usés (étrangers) ont ainsi été traitées entre 2004 et 2008.

Le traitement des MOX par dilution, actuellement employé, ne pourra pas être utilisé dans le cas d'un parc pratiquant le multi-recyclage des MOX en raison de l'inhomogénéité de la répartition du Pu dans les pastilles irradiées. Aussi le CEA conduit-il des recherches pour :

- mettre au point un nouveau procédé de séparation uranium/plutonium et produits de fission, utilisant un amide et s'affranchissant ainsi de la phase de réduction de Pu du procédé Purex. Ce procédé respecterait les directives de l'emploi industriel des substances chimiques (REACH) ;
- modifier la nature des verres pour permettre le conditionnement des produits de fission et des actinides mineurs dont les teneurs sont augmentées dans les MOX usés comparativement aux UOX usés. Pour les MOX RNR, les verres devront également pouvoir accepter les produits de corrosion de la gaine (Fe, Cr, Ni).

Le multi-recyclage du Pu en REP nécessite aussi de fabriquer de nouveaux combustibles MOX recyclés. Pour cette raison, des aménagements sont en cours à l'usine Melox afin de gérer les évolutions de composition isotopique du plutonium, ce qui nécessite des dispositions de radioprotection renforcées et la prise en compte des dégagements thermiques.

Le multi-recyclage nécessitera enfin la maîtrise des étapes de fabrication, mise en réacteur, refroidissement en piscine, séparation, refabrication... Il faudra être en capacité d'irradier un MOX fabriqué à partir de Pu issu du traitement d'un MOX usé (MOX 2), puis de fabriquer un nouveau combustible à partir de ce même Pu recyclé (MOX 3) et ainsi de suite. La Commission constate que cet enchaînement conduit à fabriquer la génération MOX 2 aux alentours de 2040 – 2050. Cette échéance correspond au renouvellement de l'usine de La Hague dans une nouvelle conception.

Les très nombreux projets envisagés tels que le moxage des 1300 MWe, le multi-recyclage en EPR2, voire dans de nouveaux réacteurs (SMR, réacteurs à sels fondus), la fabrication des combustibles URT, MOX, ou encore le traitement des combustibles usés, présentent une grande interdépendance. La Commission note l'absence d'un calendrier stabilisé organisant ces actions. Le financement de opérations de R&D et de développement industriel mériterait également d'être précisé compte tenu de l'engagement qu'elles présupposent pour les prochaines décennies.

1.3.4 L'impact sur les besoins en entreposage

Compte tenu du report des projets de RNR et de la mise en place du multi-recyclage en REP, la PPE conduira inévitablement à entreposer une plus grande quantité de combustible usé avant traitement et recyclage. Cette perspective s'ajoute à la tension actuelle sur les capacités d'entreposage. Orano va procéder à une densification de l'entreposage dédié aux MOX usés permettant de porter la capacité des piscines de 14 000 à 17 000 tonnes, reportant ainsi le niveau de saturation actuel de dix ans.

Les études réalisées dans le cadre du PNGMDR montrent une saturation des capacités d'entreposage de combustibles usés vers 2030, ce qui est cohérent avec l'estimation d'EDF. La réalisation d'une nouvelle installation d'entreposage, pour laquelle un choix doit être fait entre entreposage sous eau ou à sec, est donc indispensable. L'IRSN a conduit des études qui montrent que si les objectifs de sûreté sont atteignables avec les deux options, le stockage à sec ne convient qu'aux combustibles usés très refroidis.

L'entreposage des assemblages de MOX usés, par exemple, ne peut être réalisé que sous eau, au moins pendant les premières décennies, pour garantir l'intégrité de la gaine et donc le confinement des matières radioactives.

La Commission, dans ses rapports précédents, a rappelé que l'entreposage de longue durée est en contradiction avec la nécessité pour notre génération de traiter et gérer de manière définitive nos déchets radioactifs. Il convient de noter que l'entreposage à sec peut conduire à modifier la politique de gestion des combustibles usés. En effet, l'intégrité des assemblages, qui ne seraient pas refroidis par l'eau et seraient maintenus longtemps à haute température, peut être affectée, ce qui interdirait tout retraitement ; le combustible usé deviendrait alors un déchet.

La Commission analyse au chapitre V les enjeux associés aux entreposages de longue durée. Elle note qu'au plan international les durées envisagées dépendent fortement de la stratégie adoptée en matière de gestion de l'aval du cycle du combustible.

En cohérence avec les conclusions de l'IRSN, EDF est favorable à l'entreposage sous eau et a présenté à la Commission son projet de nouvelle piscine centralisée pour éviter une saturation des installations à l'horizon 2030. Le dossier d'options de sûreté a fait l'objet d'un avis positif de l'ASN en juillet 2019 et la mise en service du premier bassin est envisagée vers 2030.

Le stock d'Uranium de retraitement (URT) détenu par Orano à fin 2018 est d'environ 32 000 tonnes. Il est en croissance depuis l'arrêt de l'utilisation d'uranium de retraitement enrichi (URE) par EDF en 2013. Orano a présenté un projet d'extension des capacités d'entreposage dont la mise en service est espérée fin 2022. Ce projet devrait être suffisant, à condition qu'EDF reprenne, comme elle l'a annoncé, la consommation d'URE dans ses réacteurs. Dans cette hypothèse, l'inventaire atteindra près de 40 000 tonnes vers 2027, puis décroîtra ensuite.

Le stock d'uranium appauvri détenu par Orano est en croissance et devrait atteindre 400 000 tonnes en 2030 et 470 000 en 2040. La capacité d'entreposage disponible, après la réalisation prévue en 2020 de l'extension approuvée en 2018, s'élèvera à 419 000 tonnes. Les capacités d'entreposage seront donc probablement saturées au début des années 2030.

La Commission observe qu'une saturation des capacités d'entreposage se profile au tout début des années 2030. Les études conduites sur les entreposages sont dans l'ensemble pertinentes, mais la Commission est préoccupée par le calendrier des opérations programmées pour faire face à cette difficulté, ses marges étant probablement insuffisantes :

- *la future piscine centralisée destinée aux combustibles usés pourrait n'entrer en service qu'après 2030 ;*
- *le projet d'extension de la capacité de stockage de l'URT, en cours au Tricastin, ne sera suffisant que si la reprise du traitement de l'URT annoncée par EDF intervient dans le calendrier prévu ;*

- les capacités d'entreposage de l'uranium appauvri devraient également être saturées aux environ de 2030.

1.4 LES RECHERCHES ET TRAVAUX RELATIFS AUX DECHETS HA

L'impact de la PPE sur la production de déchets de haute activité (HA) est lié à la mise en place du multi-recyclage qui va accroître l'inventaire de déchets, mais aussi au report des projets de RNR indispensables pour mettre en œuvre la transmutation des actinides mineurs.

1.4.1 L'impact sur les inventaires

Concernant les déchets HA, le multi-recyclage dans les EPR2 stabiliserait l'inventaire en Pu, tout en dégradant son isotopie et augmenterait sensiblement la production d'actinides mineurs. Ainsi un EPR2 fonctionnant avec un combustible UOX et un taux de combustion de l'ordre de 50 GWj/t produirait 1,5 kg/t d'actinides mineurs (AM) dont 0,7 kg d'américium (Am) ; En revanche, un EPR2 chargé avec du MOX, et pour un taux de combustion équivalent, produirait 7,7 kg/t d'AM dont 6,4 kg d'Am. L'américium étant le principal contributeur à l'effet thermique des verres après la décroissance des principaux produits de fission, cette augmentation entraînera un accroissement de l'emprise des colis dans un stockage géologique.

1.4.2 Les travaux sur la séparation et la transmutation

Depuis de nombreuses années, les études sur la séparation et la transmutation des actinides mineurs, développées par le CEA, concernent essentiellement l'Am. Les études de séparation des actinides mineurs pour laquelle le CEA a développé des procédés permettant d'isoler les différents actinides mineurs se poursuivent dans un contexte européen avec les projets SACSESS, GENIORS...

La Commission note une tendance à la mutualisation de la R&D concernant la séparation au travers de projets européens. Elle rappelle que le CEA est parmi les quelques centres de recherche à disposer des installations permettant la manipulation de quantités pondérables d'actinides, notamment l'installation Atalante. En limitant leur utilisation au seul cadre coopératif européen, ces installations risquent d'être sous employées et leur développement ralenti. La Commission redoute que, dans le contexte international, cette stratégie conduite à une remise en cause de notre leadership mondial.

Les dernières expérimentations sur la transmutation ont été réalisées sur des aiguilles irradiées dans un réacteur à haut flux comportant des disques d'oxydes d'uranium et de plutonium et contenant 15 % d'américium (concept CCAM, Couvertures Chargées en Actinides Mineurs). Les examens post-irradiation montrent qu'une microstructure optimisée du mélange d'oxydes est stable jusqu'à 1000°C et surtout que le dégagement d'hélium qui peut provoquer un gonflement et l'altération du combustible est parfaitement maîtrisé. Des analyses sont en cours pour confirmer que le taux de transmutation de l'américium dans les conditions d'irradiation a atteint

47 %. Un projet européen de 14 partenaires, PATRICIA (Partitioning And Transmuter Research Initiative in a Collaborative Innovation Action), devrait permettre l'analyse des résultats obtenus lors des irradiations MARIOS, DIAMINO, SUPERFACT, MARINE.

Il convient de souligner qu'une expérimentation requiert entre 10 et 15 ans depuis la fabrication de l'aiguille jusqu'à l'analyse complète de tous les paramètres post-irradiation. Au cours des dernières décennies, les réacteurs Osiris, Phénix mais également des réacteurs étrangers (Norvège, Pays-Bas, États-Unis) ont permis de réaliser des irradiations. Aujourd'hui, la France ne dispose plus d'outil d'irradiation avec des neutrons rapides et, mis à part l'installation ATR aux États-Unis, les réacteurs jusqu'alors accessibles sont en fin de vie. Avec l'arrêt du programme Astrid, les installations permettant de conduire des expérimentations sur la transmutation vont donc manquer.

La Commission rappelle que les études et recherches sur la transmutation sont intimement liées à celles sur les RNR puisqu'elles nécessitent de disposer d'outils d'irradiation similaires. Ce constat renforce la nécessité de disposer au moins d'une installation d'irradiation avec des neutrons rapides au niveau européen, dans le cadre d'un ambitieux programme national de R&D.

1.5 CONCLUSION

La Commission constate que les nouvelles orientations de la PPE (moxage des 1300 MWe, multi-recyclage du Pu dans les EPR, ...) entraînent des besoins de recherche très significatifs sur l'adaptation au combustible MOX actuel des réacteurs existants et sur la conception des combustibles issus du multi-recyclage pour des réacteurs EPR2 à construire. De plus, les évolutions consécutives de l'inventaire des matières, du besoin en entreposage, et enfin de la nature et de l'inventaire des déchets radioactifs, restent à évaluer précisément.

La Commission souligne que les programmes qui lui ont été présentés en sont au stade d'ébauches. Cela est particulièrement vrai pour ce qui concerne les calendriers, interdépendants, des différentes actions prévues par les acteurs de la Loi. Elle demande que des éléments plus tangibles lui soient présentés lors des auditions de l'exercice 2020-2021.