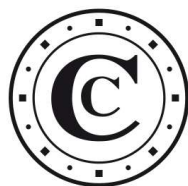


Cour des comptes



L'AVAL DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

Les matières et les déchets radioactifs,
de la sortie du réacteur au stockage

Rapport public thématique

Sommaire

Procédures et méthodes	5
Délibéré	7
Synthèse	9
Récapitulatif des recommandations	17
Introduction	19
Chapitre I Des volumes importants de matières et de déchets radioactifs à gérer	25
I - Le choix du retraitement du combustible nucléaire.....	26
A - Les caractéristiques du cycle du combustible nucléaire	26
B - Les déterminants du choix français : une stratégie de long terme.....	31
II - Les matières et les déchets radioactifs entreposés et stockés	35
A - Les matières radioactives.....	36
B - Les déchets radioactifs.....	38
Chapitre II Les capacités et les coûts d'entreposage et de stockage des substances radioactives	43
I - Des capacités et des coûts d'entreposage et de stockage à réévaluer	44
A - L'inventaire national des matières et déchets radioactifs, une base de données à mieux valoriser.....	44
B - Des besoins de capacités supplémentaires	47
C - Les projections de coûts d'entreposage et de stockage	55
II - Les enjeux relatifs aux déchets anciens.....	58
A - Des opérations complexes dont les coûts et le calendrier dérivent	58
B - Des contraintes fortes pour le CEA.....	60
III - Le défi de pilotage et de réalisation du projet Cigéo	64
A - Un projet hors norme.....	64
B - Un chiffrage à mettre à jour.....	69
Chapitre III Affiner le cadre de gestion des matières radioactives	81
I - Le cadre juridique de la classification des substances radioactives et la couverture de leurs charges de gestion.....	82
A - La classification des substances radioactives	82
B - Charges, provisions et actifs dédiés.....	83
C - L'exercice du contrôle administratif.....	93

II - Les ambiguïtés du statut actuel de l'URT et des combustibles MOX et URE usés	97
A - La valorisation partielle de l'uranium de retraitement et ses implications.....	98
B - Mieux asseoir les décisions de gestion des MOX et URE usés	101
Chapitre IV L'aval du cycle et l'évolution de la politique énergétique	109
I - Capacités d'entreposage et fermeture des réacteurs nucléaires	110
A - L'entreposage des combustibles usés, paramètre clé de l'équilibre des flux	110
B - Les conséquences de la fermeture des réacteurs 900 MW moxés.....	114
II - Des enjeux peu présents dans le débat public	118
A - Des choix implicites	118
B - Accroître la lisibilité de la prise de décisions.....	119
C - Un périmètre d'analyse à élargir.....	120
III - Approfondir l'évaluation des scénarios de politique énergétique.....	122
A - Le besoin d'analyses économiques.....	122
B - Renforcer les capacités d'évaluation économique et environnementale	125
Liste des abréviations	129
Annexes	133
Réponses des administrations et des organismes concernés.....	165

Procédures et méthodes

En application de l'article L. 143-6 du code des juridictions financières, la Cour des comptes publie chaque année un rapport public annuel et des rapports publics thématiques.

Au sein de la Cour, ces travaux et leurs suites, notamment la préparation des projets de texte destinés à un rapport public, sont réalisés par l'une des six chambres que comprend la Cour ou par une formation associant plusieurs chambres et/ou plusieurs chambres régionales ou territoriales des comptes.

Trois principes fondamentaux gouvernent l'organisation et l'activité de la Cour, ainsi que des chambres régionales et territoriales des comptes, et donc aussi bien l'exécution de leurs contrôles et enquêtes que l'élaboration des rapports publics : l'indépendance, la contradiction et la collégialité.

L'**indépendance** institutionnelle des juridictions financières et statutaire de leurs membres garantit que les contrôles effectués et les conclusions tirées le sont en toute liberté d'appréciation.

La **contradiction** implique que toutes les constatations et appréciations ressortant d'un contrôle ou d'une enquête, de même que toutes les observations et recommandations formulées ensuite, sont systématiquement soumises aux responsables des administrations ou organismes concernés ; elles ne peuvent être rendues définitives qu'après prise en compte des réponses reçues et, s'il y a lieu, après audition des responsables concernés.

La publication d'un rapport public est nécessairement précédée par la communication du projet de texte que la Cour se propose de publier aux ministres et aux responsables des organismes concernés, ainsi qu'aux autres personnes morales ou physiques directement intéressées. Dans le rapport publié, leurs réponses accompagnent toujours le texte de la Cour.

La **collégialité** intervient pour conclure les principales étapes des procédures de contrôle et de publication.

Tout contrôle ou enquête est confié à un ou plusieurs rapporteurs. Leur rapport d'instruction, comme leurs projets ultérieurs d'observations et de recommandations, provisoires et définitives, sont examinés et délibérés de façon collégiale, par une chambre ou une autre formation comprenant au moins trois magistrats. L'un des magistrats assure le rôle de contre-rapporteur et veille à la qualité des contrôles. Il en va de même pour les projets de rapports publics.

La présente enquête a été conduite par une équipe de cinq rapporteurs et a été notifiée en mai et juin 2018 à 14 administrations et organismes, dont trois entreprises.

Les échanges avec ces administrations et organismes ont débuté à cette même date et se sont déroulés tout au long de l'enquête. De nombreux entretiens ont par ailleurs été conduits entre juin et septembre 2018 avec des experts scientifiques, des associations, des organisations non gouvernementales et des syndicats professionnels. Au total, cette enquête a donné lieu à des échanges avec plus d'une centaine de personnes (cf. annexe n° 1).

Des visites ont été organisées en juin, juillet et août 2018, sur les sites de La Hague (usine de retraitement), de Bure (projet Cigéo d'enfouissement profond), de Morvilliers et de La Chaise (centre de stockage des déchets radioactifs de très faible activité), de Soulaing (centre de stockage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie courte) et de Marcoule (installations du CEA ; usines Melox et Centraco). Ces visites ont également été l'occasion de rencontrer des acteurs locaux et élus.

L'enquête a été complétée par un parangonnage international conduit notamment avec le concours des conseillers nucléaires en ambassade de France aux États-Unis, au Japon, en Chine, en Russie, au Royaume-Uni et en Inde.

Un rapport d'observations provisoires, délibéré par la deuxième chambre les 19 et 21 décembre 2018, a été contredit avec les administrations et organismes contrôlés en février et mars 2019. À la suite de cette contradiction, la deuxième chambre a pris l'initiative d'auditionner, les 3, 4, 5 et 10 avril 2019, les responsables des principaux organismes et administrations concernés (cf. annexe n° 1).

Le projet de rapport soumis pour adoption à la chambre du conseil a été délibéré les 10 et 12 avril 2019, par la deuxième chambre, présidée par Mme de Kersauson, présidente de chambre, et composée de Mmes Darragon et Lemmet-Severino, MM. Allain, Collin, Dahan, Guédon, Guérout, Le Mer, Levionnois, conseillers maîtres, ainsi que, en tant que rapporteurs, Mmes Amri, Brillaud-Claveranne et Vincent, rapporteuses extérieures, M. Mary, rapporteur extérieur, et Mme Demangeon, vérificatrice, et, en tant que contre-rapporteur, M. Allain, président de section, conseiller maître.

Il a été examiné et approuvé, le 7 mai 2019, par le comité du rapport public et des programmes de la Cour des comptes, composé de M. Migaud, Premier président, M. Briet, Mme Moati, M. Morin, Mme Pappalardo, rapporteure générale du comité, Mme de Kersauson, MM. Andréani, Terrien, présidents de chambre, et M. Kruger, premier avocat général, représentant M. Johanet, procureur général, entendu en ses avis.

*

Les rapports publics de la Cour des comptes sont accessibles en ligne sur le site internet de la Cour et des chambres régionales et territoriales des comptes : www.ccomptes.fr.

Ils sont diffusés par La Documentation Française.

Délibéré

La Cour des comptes, délibérant en chambre du conseil en formation ordinaire, a adopté le rapport public thématique intitulé *L'aval du cycle du combustible nucléaire : les matières et les déchets radioactifs, de la sortie du réacteur au stockage*.

Elle a arrêté ses positions au vu du projet communiqué au préalable aux ministres et organismes concernés et des réponses adressées en retour à la Cour.

Les réponses sont publiées à la suite du rapport. Elles engagent la seule responsabilité de leurs auteurs.

Ont participé au délibéré : M. Migaud, Premier président, M. Briet, Mme Moati, MM. Andréani, Terrien, Mme Podeur, présidents de chambre, MM. Rameix, Barbé, Gautier, Bertucci, Mme Darragon, MM. Lefebvre, Ténier, Hayez, Guédon, Guérault, Le Mer, Glimet, Cabourdin, Mmes Bouzanne des Mazery, Soussia, MM. Giannesini, Vught, Sciacaluga, Montarnal, Vallet, Boullanger, Mme Mercereau, conseillers maîtres, Mme Revel, conseillère maître en service extraordinaire.

Ont été entendus :

- en sa présentation, Mme Podeur, présidente de la chambre chargée des travaux sur lesquels le rapport est fondé et de la préparation du rapport ;
- en son rapport, M. Cazala, conseiller maître, rapporteur désigné du projet devant la chambre du conseil, assisté de Mmes Brillaud-Claveranne, Vincent, M. Mary, rapporteurs extérieurs, rapporteurs devant la chambre chargée de le préparer, et de M. Allain, conseiller maître, contre-rapporteur devant cette même chambre;
- en ses conclusions, sans avoir pris part au délibéré, M. Kruger, premier avocat général, accompagné de M. Barichard, avocat général.

M. Lefort, secrétaire général, assurait le secrétariat de la chambre du conseil.

Fait à la Cour, le 2 juillet 2019.

Synthèse

L’aval du cycle du combustible nucléaire, un sujet longtemps absent du débat public

Le présent rapport relatif à l’aval du cycle nucléaire s’inscrit dans une série de publications de la Cour sur les politiques publiques de l’énergie nucléaire, notamment le rapport de 2005 relatif au démantèlement des installations nucléaires et à la gestion des déchets radioactifs et le rapport de 2012 sur les coûts de la filière électronucléaire, actualisé en 2014. Il englobe toutes les questions touchant à l’aval du cycle, à savoir le retraitement des combustibles usés et le stockage des déchets. Il s’agit là d’un sujet à la fois technique et très sensible, et les interactions entre ces thématiques ont longtemps été absentes du débat public.

Toutefois, pour la première fois¹, l’adoption du plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), portant sur la période 2019-2021, est précédée d’un débat public, organisé par la Commission nationale du débat public du 17 avril au 25 septembre 2019.

Une interaction forte entre l’amont et l’aval du cycle à expliciter

Une part prépondérante de l’électricité produite en France (72 % en 2018) est d’origine nucléaire, fournie par les 58 réacteurs nucléaires français. Le combustible nucléaire utilisé dans ces réacteurs est principalement issu de l’uranium naturel. Les différentes étapes de fabrication, de mise en œuvre, de retraitement, de recyclage, etc., de ce combustible sont désignées par le terme de « cycle du combustible nucléaire ». On parle d’*amont* du cycle pour la partie allant de l’extraction du minerai d’uranium jusqu’à l’utilisation du combustible dans un réacteur, et d’*aval* du cycle pour la partie débutant à la sortie du combustible irradié du réacteur et s’achevant avec le stockage définitif de déchets radioactifs issus de la gestion de ces combustibles usés.

¹ C’est l’ordonnance n° 2016-1060 du 3 août 2016 portant réforme des procédures destinées à assurer l’information et la participation du public à l’élaboration de certaines décisions susceptibles d’avoir une incidence sur l’environnement qui a prévu que le PNGMDR fasse l’objet d’un débat public.

En France, l'aval du cycle comprend des étapes de retraitement des combustibles usés et de recyclage des matières issues de ce retraitement pour la fabrication de nouveaux combustibles. De ce fait, le cycle du combustible est dit « fermé » même s'il n'est en réalité qu'incomplètement fermé (car le recyclage des matières ne peut, aujourd'hui, être mis en œuvre qu'une fois), par opposition au cycle dit « ouvert », pratiqué dans d'autres pays dans lesquels les combustibles usés sont directement stockés sans recyclage.

Le choix français du retraitement des combustibles usés emporte des conséquences concrètes sur l'ensemble de la gestion du cycle du combustible. En effet, à la sortie du réacteur, les combustibles usés sont entreposés dans des piscines en attente de leur retraitement. À l'issue du processus de retraitement, des matières recyclables ont été séparées – telles que le plutonium, servant à la production du combustible MOX² –, et des substances radioactives ont été conditionnées sous la forme de déchets vitrifiés, en vue de leur stockage à terme. L'évacuation des combustibles usés des centrales nucléaires dépend donc de la capacité de retraitement de ces combustibles, ainsi que des capacités d'entreposage disponibles dans l'attente de ce retraitement (le taux de disponibilité des piscines d'entreposage était évalué à 13,3 % fin 2016). Cet équilibre entre les déchargements de combustible des réacteurs et leur retraitement, ne peut être garanti que si un nombre suffisant de réacteurs ont recours au combustible MOX, faute de quoi le stock français de plutonium s'accroîtrait.

Le respect de cet équilibre constitue un paramètre clé de la planification de la production électronucléaire. Ce paramètre doit donc être pris en compte dans les différentes programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE), qui ont été instituées par la loi de transition énergétique pour une croissance verte (LTECV) de 2015. Cette prise en compte est d'autant plus importante que l'objectif de réduction à 50 % de la part du nucléaire dans la production électrique, dans un contexte de vieillissement du parc nucléaire existant, va engendrer des évolutions significatives des flux du cycle du combustible nucléaire.

Des investissements importants – sur le parc actuel de réacteurs ou dans les installations d'entreposage des matières et déchets – doivent donc être réalisés au cours de la prochaine décennie. Il est nécessaire qu'ils tiennent compte des effets de rétroaction entre l'amont et l'aval du cycle.

² Combustible à base d'oxydes d'uranium appauvri et de plutonium issu du recyclage du combustible à l'uranium naturel enrichi après son utilisation.

La discussion sur les alternatives possibles pour ces investissements n'a pas eu lieu lors du débat public de 2018 sur la PPE³ et les choix proposés dans le projet publié en janvier 2019 reposent sur des arbitrages qui n'ont pas été expliqués au grand public. Une plus grande transparence sur ce sujet permettrait d'apprécier pleinement la place qu'occupent les questions liées à l'aval du cycle du combustible parmi les déterminants des choix d'évolution des infrastructures nucléaires.

Un besoin d'expertise renforcé par des échelles de temps longues

Les échelles de temps des projets nucléaires sont très longues (la mise en œuvre de certains projets se compte en décennies, voire dépasse le siècle) et la radioactivité des déchets peut subsister des milliers d'années. Les décisions qui sont prises aujourd'hui dans le domaine du nucléaire emportent ainsi des conséquences pour de nombreuses générations à venir. Il s'agit donc de choix comportant une forte dimension éthique. La loi dispose d'ailleurs à cet égard de « prévenir ou de limiter les charges qui seront supportées par les générations futures ».

Un débat sur les décisions à prendre à court, moyen et long termes, en matière d'aval du cycle du combustible nucléaire, doit reposer sur des données économiques et environnementales. Or un certain nombre de ces données manquent pour pouvoir comparer les différents scénarios. Le bilan environnemental du cycle « fermé » en particulier reste à approfondir. La comparaison économique des différents scénarios possibles d'évolution du cycle (maintien du cycle actuel, abandon du retraitement, développement des réacteurs à neutrons rapides permettant d'achever la fermeture du cycle, etc.) n'a pas été réalisée de façon exhaustive pour la situation française. Ces données sont indispensables, les opérations d'aval du cycle nucléaire représentant environ 10 % du coût de production de l'électricité nucléaire, et les dates de prise de décisions relatives au renouvellement des installations de retraitement des combustibles usés à La Hague approchant.

Les choix doivent également être éclairés par une évaluation plus approfondie des alternatives de politiques publiques que celles qui sont disponibles aujourd'hui. De ce point de vue, il importe que les capacités d'évaluation du ministère de la transition écologique et solidaire soient renforcées afin d'apprécier de façon plus précise et complète les aspects techniques, économiques, financiers et environnementaux des enjeux de gestion des matières et déchets radioactifs.

³ C'est également l'ordonnance n° 2016-1060 du 3 août qui a prévu que la PPE fasse l'objet d'un débat public.

Anticiper la croissance des volumes et des coûts des substances radioactives

Dans le domaine du nucléaire, la mise en œuvre des décisions nécessitent de longs délais. Bien que les échéances soient lointaines, il convient donc que les décideurs prennent dès aujourd'hui des décisions relatives à la gestion de substances radioactives pour demain. Les décisions prises dans le cadre du PNGMDR doivent ainsi permettre d'anticiper la gestion des nombreuses substances radioactives issues du cycle du combustible. Le retraitement des combustibles usés n'empêche pas la présence sur le territoire d'importantes quantités de substances radioactives qu'il faut gérer. De fait, les opérations relatives à l'aval du cycle comportent, d'une part, l'entreposage provisoire de matières radioactives, en attente de leur valorisation et, d'autre part, le stockage définitif des déchets radioactifs, qui ne sont pas valorisables. Fin 2016, la France comptait plus de 400 000 tonnes de métaux lourds de matières radioactives et 1 620 000 m³ de déchets radioactifs. Si près de 91 % de ces déchets sont dits de « très faible activité » ou de « faible ou moyenne activité à vie courte », certains, dits de « haute activité à vie longue », sont particulièrement radioactifs et contiennent des radioéléments dont la durée de vie peut atteindre plusieurs centaines de milliers d'années. Ces déchets de haute activité représentent environ 0,2 % du volume total des déchets radioactifs présents en France, et près de 95 % de la radioactivité de ces déchets.

Or, un risque de tension apparaît pour certaines solutions d'entreposage provisoire des matières en attente de valorisation et des déchets en attente de stockage, ainsi que pour certaines solutions de stockage définitif des déchets. Afin de programmer au mieux les investissements en la matière, les capacités d'entreposage et de stockage existantes doivent être rapprochées des quantités actuelles et prospectives de matières et déchets, à l'aide de l'inventaire national des matières et déchets radioactifs produit par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA).

Le besoin de programmation de ces investissements est d'autant plus nécessaire que les projections de coûts d'entreposage et de stockage, hors stockage des déchets en couche géologique profonde, font apparaître une hausse de leurs montants. Les investissements cumulés sur les principaux sites de stockage (hors stockage géologique) et d'entreposage, qui ont représenté 255 M€₂₀₁₇ entre 2014 et 2017, pourraient s'élever à près de 1,4 Md€₂₀₁₇ entre 2018 et 2030, et augmenter encore d'un milliard et demi d'euros supplémentaire entre 2030 et 2050. Ces investissements engendreront également une croissance des coûts d'exploitation de plus de 90 % entre les montants actuels et ceux projetés en 2050.

À ces coûts s'ajoutent les coûts de reconditionnement et d'entreposage des déchets radioactifs dits « anciens » (dont certains datent de plus de 50 ans), dont le conditionnement ne correspond plus aux exigences actuelles de sûreté. Le montant total des opérations à venir de reprise de ces déchets, qui a été fortement réévalué ces dernières années, s'élève, pour le CEA, EDF et Orano, à 7,8 Md€ au 31 décembre 2017. Les deux tiers de ce montant incombent au CEA. Cette situation s'explique par les accords de répartition des responsabilités, passés entre les exploitants, concernant la reprise des déchets anciens et le démantèlement des installations nucléaires les plus anciennes, aujourd'hui à l'arrêt. Cette lourde charge, qui pèse sur le CEA, l'a conduit à définir un ordre de priorité des projets, qui ne lui permettra toutefois pas de respecter l'échéance législative de 2030 pour la reprise d'une partie de ces déchets.

Cigéo, un projet hors norme, dont le coût doit être mis à jour régulièrement

Sans commune mesure avec les montants évoqués ci-dessus, le principal poste des coûts futurs de gestion des déchets nucléaires est constitué par le projet de stockage des déchets de haute et moyenne activité à vie longue, en couche géologique profonde, dénommé Cigéo. Celui-ci constitue le premier projet de mise en œuvre de ce mode de stockage, qui est, à ce jour, la solution de référence au niveau mondial. Cigéo est un projet « hors normes », notamment par ses dimensions et exigences techniques – il s'agit d'un stockage effectué à 500 mètres de profondeur, conçu pour conserver des déchets radioactifs pendant plusieurs centaines de milliers d'années, dans 15 km² de surfaces utiles réparties dans des galeries souterraines – mais également par sa durée d'exploitation de 120 ans (période de remplissage par des déchets) et de surveillance au-delà.

Les coûts de Cigéo ont été estimés à partir d'une conception datant de 2012, projetée sur un siècle et demi. À ce stade de développement du projet, des incertitudes sur les coûts sont inévitables, s'agissant notamment de l'impact des prix futurs des matières premières et de la main d'œuvre, d'innovations techniques, etc. Il est donc impossible de prétendre connaître le « juste coût » de Cigéo. Toutefois le chiffrage d'un montant précis est nécessaire car il permet de fixer les montants financiers à provisionner par les exploitants nucléaires pour faire face à ces coûts futurs (charges et provisions, sécurisées par des actifs dédiés – voir *infra*). Ainsi une augmentation de 1 Md€ du devis de Cigéo aurait un impact d'environ 300 M€ sur les provisions et actifs dédiés d'EDF et d'environ 25 M€ pour Orano.

À partir des différentes évaluations réalisées par les exploitants nucléaires (principalement EDF) à 19,2 Md€₂₀₁₂ et l'ANDRA à 34,5 Md€₂₀₁₂ (révisée par la suite à 30,0 Md€₂₀₁₂), le coût du projet a été fixé en 2016 à 25 Md€₂₀₁₂ par arrêté du ministre de l'énergie. Toutefois cette estimation a vocation à évoluer au rythme de l'avancée du projet. L'analyse des paramètres retenus pour fixer le coût du projet conduit la Cour à recommander qu'une méthode prenant en compte les risques et les opportunités du projet de manière plus réaliste que celle retenue initialement soit mise en œuvre lors de la prochaine révision du coût de Cigéo.

Par ailleurs, compte tenu de sa durée de vie, le projet Cigéo subira nécessairement les conséquences des évolutions de politiques publiques à venir. Ainsi, des décisions d'évolution du périmètre et de la nature des déchets à stocker auraient un impact fort sur le projet, en termes de volumes et de coûts. À titre d'exemple, le coût du seul stockage éventuel des MOX et URE⁴ usés dans Cigéo est évalué à plus de 5 Md€. Même si des études d'adaptabilité doivent permettre de trouver la réponse à des besoins évolutifs, estimer dès à présent l'impact de différents scénarios de politique énergétique sur le coût de Cigéo permettrait d'éclairer les décisions de stratégie de gestion des matières et déchets radioactifs et d'anticiper les évolutions du projet.

Des dépenses futures dont le financement doit être mieux contrôlé

La sécurisation des dépenses futures de gestion des matières et déchets radioactifs (incluant celles relatives à Cigéo mais également celles relatives à l'entreposage des combustibles usés par exemple) repose sur la responsabilité des producteurs, en application du principe « pollueur-payeur ». Compte-tenu de la durée très longue des engagements nucléaires, le législateur a mis en place des dispositions visant à garantir la capacité des exploitants à les honorer. Les exploitants (EDF, Orano, CEA) doivent ainsi constituer des provisions comptables pour être en mesure de faire face à leurs charges futures, dont certaines doivent également être sécurisées par la constitution d'actifs dédiés. L'objectif poursuivi est de prévenir ou limiter le report de charges sur les générations futures, mais aussi sur la collectivité, puisque l'État est responsable en dernier ressort des substances radioactives.

Le total des charges brutes futures de gestion des matières et déchets radioactifs ainsi que des combustibles usés s'élève, fin 2017, tous exploitants confondus, à 69 Md€₂₀₁₇. Les provisions calculées à partir des charges brutes, et après application du taux d'actualisation, représentent 31 Md€, soit environ la moitié des provisions pour l'aval du cycle nucléaire, l'autre moitié étant constituée par les provisions pour démantèlement des installations nucléaires. Elles sont réparties par exploitant de la manière suivante.

⁴ Combustible à base d'oxyde d'uranium de retraitement ré-enrichi issu du recyclage du combustible à l'uranium naturel enrichi après son utilisation.

En contrepartie de la responsabilité qui leur est confiée quant à l'évaluation et au provisionnement des charges futures, les exploitants sont soumis au contrôle *a posteriori* de l'autorité administrative formée conjointement par les ministres chargés de l'économie et de l'énergie. Ce contrôle est d'autant plus important que les décisions prises par les exploitants pour garantir le financement des charges futures pèsent lourdement sur leurs comptes de résultat et leurs bilans. Il apparaît toutefois que les contrôles de l'autorité publique sont à approfondir afin de mieux expertiser les données produites par les exploitants et les décisions qu'ils prennent sur leur fondement.

La difficile prise en compte des incertitudes sur le devenir des matières radioactives

La responsabilité des propriétaires des substances radioactives s'exerce notamment dans la classification de ces dernières en matières valorisables ou en déchets non valorisables. Le maintien sous le statut de « matière » d'un certain nombre de substances radioactives repose sur un ensemble d'anticipations sur la politique électronucléaire française, l'évolution des technologies, les stratégies industrielles, les conditions économiques, etc. Depuis 2016, les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire peuvent procéder à une requalification des matières en déchets et des déchets en matières. Cette possibilité, qui n'a pas encore été mise en œuvre, devrait reposer sur une doctrine partagée avec les exploitants, fondée, par exemple, sur l'adéquation entre les perspectives industrielles de valorisation et les quantités de substances détenues et à détenir.

Cette clarification est d'autant plus souhaitable que des incohérences existent entre la classification des substances radioactives par les exploitants, d'une part, et les décisions prises par ces mêmes exploitants, relatives aux charges et provisions de gestion de ces substances, d'autre part.

Ainsi, aujourd'hui, les MOX usés sont considérés comme des matières car il est envisagé de les recycler, soit dans des réacteurs à neutrons rapides, à l'échéance de plusieurs décennies, soit dans la prochaine génération de réacteurs dits EPR, à plus court terme, si leur construction était décidée. Du fait de choix historiques et prudents, ces combustibles MOX usés sont pourtant comptablement traités par EDF comme des déchets et donnent ainsi lieu à un provisionnement et une couverture par des actifs dédiés pour leur stockage, à hauteur de 656 M€, alors même que leur valorisation est envisagée.

Ces perspectives de valorisation sont toutefois affectées de fortes incertitudes techniques et économiques. Or, le maintien sous le statut de matière des MOX usés écarte de fait leur prise en compte dans l'inventaire de référence de Cigéo, c'est-à-dire la préparation effective de leur stockage profond. Aussi, il conviendrait de définir les prochaines échéances auxquelles cette question du devenir des MOX usés devrait à nouveau être posée.

La question de la cohérence entre la perspective industrielle réelle de valorisation des matières et leur classification actuelle se pose également pour l'uranium de retraitement (URT). L'intégralité du stock d'URT est considérée comme valorisable alors que la reprise de la valorisation de cette matière, à partir de 2023, sera insuffisante pour permettre une diminution des quantités actuellement stockées avant au mieux le milieu du siècle. La constitution d'une provision pour stockage, couverte par des actifs dédiés, pour la quantité d'URT qui ne sera pas valorisée dans les prochaines décennies – dont le montant peut être évalué dans une fourchette de 500 M€ à 1 Md€ –, permettrait de se prémunir contre le risque de léguer aux générations futures la charge de la gestion de ces stocks de substances.

Les décisions relatives à la gestion des substances radioactives appellent des arbitrages difficiles entre, d'une part, les intérêts de court terme des exploitants et de l'État actionnaire et, d'autre part, les intérêts de long terme de la collectivité, dont l'État, responsable en dernier ressort des substances radioactives, est le garant. Les recommandations de la Cour visent donc à accroître la transparence des termes de ces arbitrages, notamment en précisant les conditions d'exercice des missions de l'autorité administrative et en complétant sa capacité à anticiper les décisions de long terme.

Récapitulatif des recommandations

1. Compléter l'inventaire national par le rapprochement entre les capacités d'entreposage et de stockage et les quantités actuelles et prospectives de matières et de déchets (DGEC, ANDRA, 2021).
2. Estimer le coût de Cigéo pour chacun des quatre scénarios de l'inventaire national des matières et des déchets radioactifs (DGEC, ANDRA, 2020).
3. Mettre à jour les coûts du scénario de référence de Cigéo en prenant en compte de manière plus réaliste les risques et opportunités du projet (DGEC, ANDRA, 2020).
4. Préciser la doctrine d'emploi, par les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire, de l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement relatif à la qualification des substances radioactives en matières ou déchets (MTES, 2019).
5. Refléter la perspective industrielle réelle de valorisation des matières radioactives dans la constitution des provisions et actifs dédiés (DGEC, DG Trésor, 2019).
6. Définir les jalons, dans la réalisation du projet Cigéo, qui devront donner lieu à une actualisation de l'inventaire de référence, notamment dans le cas d'un stockage des MOX et URE usés (ANDRA, 2020).
7. Expliciter, dans les débats publics sur la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), les interactions entre l'amont et l'aval du cycle du combustible nucléaire (DGEC, 2019).
8. Harmoniser les scénarios prospectifs de l'inventaire national des matières et des déchets radioactifs, des dossiers « impact cycle », de la PPE et du PNGMDR, en identifiant notamment un scénario de référence qui leur soit commun (DGEC, 2019).
9. Allonger la période de mise en œuvre du PNGMDR en tenant compte du retour d'expérience du premier débat public (MTES, 2020).
10. Renforcer la capacité de contre-expertise des données et études des exploitants et de réalisation d'études coûts-bénéfices de scénarios d'évolution de la filière électronucléaire (MTES, 2019).

Introduction

En 2018, près de 72 % de l'électricité totale produite en France était d'origine nucléaire. La production électrique à partir de centrales nucléaires et les activités de recherche associées, génèrent des substances radioactives (matières valorisables et déchets non valorisables), dont la gestion est encadrée par trois lois datant de 1991, 2006 et 2016⁵. Ces lois établissent les principes de gestion suivants :

(1) la gestion des matières et des déchets radioactifs doit être assurée dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement ;

(2) la recherche et la mise en œuvre de solutions pour leur gestion visent à prévenir ou à limiter les charges qui seront supportées par les générations futures ;

(3) la responsabilité et le financement de ces substances (matières et déchets) incombent en premier lieu à leurs producteurs.

Il en découle un cadre de gestion, défini par le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). Le cadre général relatif à la planification énergétique a quant à lui été rénové en 2015 par la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), qui a introduit la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

Les nouvelles dispositions légales issues de l'ordonnance du 3 août 2016 prévoient que la commission nationale du débat public soit saisie des plans ou programmes soumis à évaluation environnementale. La programmation pluriannuelle de l'énergie et le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs sont soumis à ces dispositions. La première édition de la PPE a été adoptée le 28 octobre 2016. Sa révision a été initiée et la nouvelle PPE doit couvrir les périodes 2019-2023 et 2024-2028. Le débat public sur l'actualisation de la PPE a été organisé par la CNDP du 19 mars au 30 juin 2018. À la suite de ce débat, un document de présentation de la PPE a été publié le 25 janvier 2019, et le projet de décret associé, en février 2019. De nombreuses consultations doivent avoir lieu

⁵ La loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs, dite « loi Bataille », la loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, et la loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue.

avant l'adoption définitive de la PPE, qui ne pourra de surcroît intervenir avant la présentation et le vote d'une modification de la LTECV. La quatrième édition du PNGMDR couvrait la période 2016-2018. La cinquième édition est en cours d'élaboration. Le débat public associé a été lancé le 17 avril et s'achèvera le 25 septembre 2019.

Institué par la loi du 28 juin 2006, le plan de gestion des matières et déchets radioactifs dresse tous les trois ans le bilan des modes de gestion existants et prévisionnels des substances radioactives, analyse les besoins prévisibles d'installation d'entreposage ou de stockage et précise les capacités nécessaires pour ces installations ainsi que les durées d'entreposage. Prospectif, il comporte un état des solutions techniques et des mesures à prévoir à l'échéance de l'exploitation des installations de production électronucléaire. Il s'inscrit dans les grandes orientations fixées par la loi :

(1) la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs est recherchée, notamment par le retraitement des combustibles usés et le traitement et le conditionnement des déchets radioactifs ;

(2) les matières radioactives en attente de traitement et les déchets radioactifs ultimes en attente d'un stockage sont entreposés dans des installations spécialement aménagées à cet usage ;

(3) après entreposage, les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde.

Ces orientations s'inscrivent dans un temps long. En effet, les enjeux de l'aval du cycle du combustible nucléaire se situent à des échelles de temps inhabituelles, dans la mesure où la mise en œuvre de certains projets se compte en décennies, voire dépasse le siècle, et où la radioactivité des déchets peut subsister des milliers d'années.

Un principe « pollueur-payeur » intergénérationnel

Le système français de gestion des substances radioactives repose sur la responsabilité de leurs producteurs. Ce principe « pollueur-payeur » a pour but de prévenir ou limiter le transfert de la charge de gestion des substances radioactives aux générations futures, ou à la collectivité, d'autant que la plupart des dépenses interviendront dans les décennies qui suivent la mise à l'arrêt des installations nucléaires.

La responsabilité des exploitants s'exerce notamment dans la classification des substances en matières, valorisables, ou en déchets, non valorisables. Or les obligations comptables et financières des exploitants varient selon la nature des substances radioactives qu'ils détiennent, et notamment le caractère valorisable ou non de ces substances. En effet, compte-tenu de la durée très longue des engagements nucléaires, le législateur a mis en place un cadre juridique visant à la fois à évaluer les dépenses futures (charges de gestion des substances radioactives) et à garantir la capacité des exploitants à les honorer. Ces derniers doivent ainsi constituer des provisions comptables pour être en mesure de faire face aux charges futures. Certaines de ces provisions sont assorties de la constitution d'actifs dédiés, de façon à garantir que, le moment venu, l'exploitant sera en mesure de financer le coût des opérations de gestion des déchets radioactifs.

Le présent rapport porte sur l'aval du cycle du combustible nucléaire, qui comprend les opérations de gestion des combustibles qui ont été irradiés dans les réacteurs, à savoir, en France, le retraitement et le recyclage de ces combustibles afin d'en permettre une nouvelle utilisation, ainsi que la manipulation, le conditionnement, l'entreposage provisoire des matières et des déchets radioactifs et le stockage définitif des déchets radioactifs⁶.

Les principaux acteurs

Les choix de la France en matière d'énergie nucléaire ont permis aux entreprises nationales d'être aujourd'hui présentes sur l'ensemble de la chaîne de valeur de la production nucléaire, de l'extraction de l'uranium à la construction de centrales nucléaires, la fabrication et le retraitement du combustible jusqu'au conditionnement des déchets.

La filière industrielle française de l'aval du cycle du combustible repose en particulier sur Orano (ex-Areva) et sa filiale Orano Cycle (ex-Areva NC) dont l'activité de « retraitement des combustibles usés » s'appuie principalement sur la plateforme industrielle de La Hague pour la partie retraitement et sur celle de Melox pour la fabrication du combustible recyclé MOX⁷. EDF, qui assure l'exploitation et la maintenance de l'ensemble du parc français de réacteurs en fonctionnement, produit aujourd'hui plus de 90 % des volumes de combustibles usés traités par Orano et reçoit entre 85 et 90 % du combustible recyclé MOX élaboré par Orano. Par ailleurs, Framatome (ex-Areva NP), filiale d'EDF à 75,5 % depuis la restructuration de la filière nucléaire en 2018, assure, sur son site de Romans-sur-Isère, la fabrication d'assemblages de combustibles à base d'uranium.

⁶ L'entreposage consiste à placer les matières ou déchets radioactifs à titre temporaire dans une installation, avec l'intention de les en retirer ultérieurement. Le stockage consiste à placer les déchets radioactifs dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive, sans intention de les retirer ultérieurement.

⁷ Ces deux sites représentent près de 5 500 emplois salariés et sous-traitants.

La France s'est dotée également d'une capacité d'expertise et de recherche, en particulier au CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) qui mène sur le nucléaire des programmes de recherche et d'innovation dans les domaines de l'optimisation et de la sûreté du nucléaire, le développement des réacteurs du futur et le cycle du combustible.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et l'Institut de radioprotection de sûreté nucléaire (IRSN) assurent respectivement les fonctions d'autorité de sûreté et d'expert technique de la sûreté et de la sécurité nucléaire.

Enfin, l'ANDRA (agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) est l'établissement public responsable de la gestion à long terme des déchets radioactifs produits en France. L'agence exerce trois métiers : l'exploitation de sites industriels, la recherche et le développement, la conception de projets (notamment le projet de stockage géologique profond Cigéo).

La Cour des comptes s'est intéressée à plusieurs reprises à ces questions et aux politiques publiques associées. En 2005, à l'occasion de la remise au Président de la République d'un rapport relatif au démantèlement des installations nucléaires et à la gestion des déchets radioactifs, elle constatait notamment que la transparence des solutions préconisées dans le secteur nucléaire faisait défaut, alors que les incertitudes constatées entre la théorie et la pratique du cycle du combustible nucléaire auraient exigé une redéfinition de la stratégie de retraitement des combustibles usés. En 2012, dans un rapport sur les coûts de la filière électronucléaire, dont les principales données ont été actualisées en 2014, elle soulignait que les dépenses futures devaient prendre en compte : le coût de gestion future des combustibles usés, sur lesquels pesaient peu d'incertitudes majeures ; les charges brutes de démantèlement, qui faisaient craindre des surcoûts pour les opérations à venir ; les charges brutes de gestion des déchets, poste sur lequel pesaient le plus d'incertitudes.

Le présent rapport ne traite pas des matières non associées au cycle du combustible nucléaire (matières spécifiquement associées aux utilisations militaires) ni du thorium, issu du traitement des terres rares et sur lequel le cycle du combustible nucléaire français ne repose pas. Par ailleurs, les problématiques liées au démantèlement des installations nucléaires, qui fait l'objet d'une enquête distincte en cours, demandée par le Sénat, ne sont abordées que du seul point de vue de leurs conséquences en termes de flux et de volumes de déchets. De même, le rapport n'aborde pas au fond les questions relatives à la sécurité des installations du cycle

aval du combustible nucléaire, qui ont fait l'objet d'une enquête récente de l'Assemblée nationale⁸. Enfin, la question de la couverture des provisions des exploitants nucléaires par des actifs dédiés et la gestion financière de ceux-ci n'est pas ici analysée.

Le rapport s'attache aux enjeux, avantages et inconvénients des choix du retraitement des combustibles usés et du recyclage de certains d'entre eux et présente les volumes de matières et de déchets radioactifs actuellement entreposés ou stockés en France (chapitre I). Il analyse les capacités et les coûts, présents et à venir, des différentes filières d'entreposage et de stockage des substances radioactives. En particulier, il présente le projet Cigéo essentiellement sous l'angle des coûts, sans statuer au fond sur l'opportunité de réaliser un stockage géologique profond des déchets hautement radioactifs (chapitre II). Les exploitants étant tenus de provisionner les charges afférentes à la gestion des substances radioactives, afin de prévenir ou de limiter les charges qui seront supportées par les générations futures, le rapport analyse les conditions dans lesquelles ces charges sont estimées et les provisions afférentes constituées par les exploitants (chapitre III). Enfin, le rapport examine la portée des décisions passées, les enjeux des décisions à venir et les effets de rétroaction de l'aval du cycle sur la production électronucléaire et son évolution (chapitre IV).

Compte-tenu de ce périmètre d'analyse, le rapport ne porte donc d'appréciation ni sur l'opportunité du recours à l'énergie nucléaire ni, de manière rétrospective, sur le choix du recours au retraitement.

⁸ Assemblée Nationale, *Rapport fait au nom de la commission d'enquête sur la sûreté et la sécurité nucléaire*, M. Paul Christophe, président, Mme Barbara Pompili, rapporteure, 28 juin 2018.

Chapitre I

Des volumes importants de matières et de déchets radioactifs à gérer

L'aval du cycle du combustible nucléaire comprend toutes les opérations de gestion des combustibles usés qui suivent leur irradiation en réacteur, depuis leur retraitement jusqu'au stockage des diverses substances radioactives produites.

En France, le choix de recourir au retraitement du combustible usé (I) confère des caractéristiques particulières au cycle du combustible nucléaire et à son fonctionnement (I.A). Ce choix repose sur une stratégie de long terme (I.B) qui vise *in fine* la fermeture du cycle. Le cycle français actuel permet d'économiser des ressources en uranium naturel ; son bilan environnemental reste à approfondir.

L'utilisation du combustible en réacteur entraîne des transformations dans sa composition, générant des substances radioactives. Les opérations de l'aval du cycle appliquées au combustible usé produisent différentes catégories de matières et de déchets radioactifs, à entreposer et à stocker (II).

I - Le choix du retraitement du combustible nucléaire

A - Les caractéristiques du cycle du combustible nucléaire

La France est le deuxième producteur mondial d'électricité nucléaire après les États-Unis⁹. Les 58 réacteurs électronucléaires civils français¹⁰ en fonctionnement, tous exploités par EDF, ont été démarrés entre 1977 et 1999. Ces réacteurs à eau pressurisée (REP), également appelés réacteurs de « deuxième génération » peuvent être classés selon quatre paliers principaux, en fonction de leur puissance (comprise entre 900 et 1 450 MW) et de leurs caractéristiques techniques (cf. carte de l'annexe n° 2). En outre, un réacteur de « troisième génération », dit EPR¹¹, d'une puissance de 1 650 MW, est actuellement en construction sur le site de Flamanville.

Les réacteurs français utilisent deux types de combustibles :

- (1) le combustible issu de la transformation de l'uranium naturel (dit combustible à uranium naturel enrichi ou UNE) ;
- (2) les combustibles associés au recyclage de matières extraites du combustible UNE après son utilisation, qui sont soit à base d'oxyde d'uranium de retraitement ré-enrichi (URE), soit à base d'oxydes d'uranium appauvri et de plutonium (MOX).

Le cycle du combustible nucléaire regroupe l'ensemble des opérations nécessaires à la fourniture de combustible aux réacteurs nucléaires et à la gestion des combustibles irradiés, depuis l'extraction du minerai jusqu'à la gestion des déchets radioactifs. Le cycle comprend :

- (1) l'amont, qui comporte toutes les étapes précédant l'irradiation du combustible en réacteur (extraction du minerai, traitement et enrichissement de l'uranium, fabrication des combustibles UNE) ;

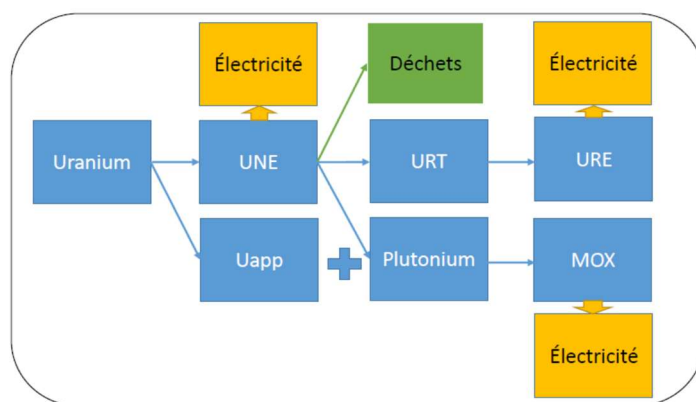
⁹ La France a produit 393,2 TWh d'électricité nucléaire en 2018 (soit 71,7 % de sa production d'électricité), les États-Unis ont produit 804,9 TWh en 2017 (soit 20,05 % de leur production d'électricité).

¹⁰ Sauf mention expresse, le terme « réacteurs nucléaires » renvoie dans ce rapport aux réacteurs nucléaires civils.

¹¹ *Evolutionary Power Reactor*.

(2) l'aval, qui comprend toutes les opérations de gestion des combustibles irradiés (retraitement des combustibles usés et recyclage des matières issues du retraitement pour la fabrication de nouveaux combustibles, entreposage et stockage des diverses substances radioactives)¹².

Schéma n° 1 : schéma simplifié du rôle des substances radioactives dans la production d'électricité



Source : Cour des comptes

Il existe, dans le monde, deux stratégies concernant les combustibles usés. La première consiste en un « stockage direct » de ces combustibles après leur utilisation, sans recyclage, on parle alors de cycle « ouvert ». La seconde stratégie privilégie le retraitement des combustibles usés en vue du recyclage, actuel ou futur, des matières valorisables qu'ils contiennent. On parle alors de cycle « fermé ».

C'est cette dernière option qui a été choisie en France, d'abord pour des raisons militaires. La première usine d'extraction du plutonium de Marcoule (UP1) destinée à traiter les combustibles usés issus des réacteurs nucléaires militaires du CEA et de la première génération de réacteurs civils d'EDF a ainsi été mise en service en 1958, afin d'extraire le plutonium nécessaire à la bombe atomique française. Une fois le stock de plutonium militaire constitué, le Gouvernement a décidé de convertir l'usine de Marcoule dans le retraitement des combustibles usés civils, en vue d'économiser de l'uranium naturel pour faire face à des augmentations prévisibles de ses cours mondiaux, dans le contexte du choc pétrolier de 1973.

¹² Les déchets radioactifs issus du domaine médical, de la recherche et de l'industrie hors électronucléaire ne font pas partie de l'aval du cycle.

Le cycle « fermé » : une ambition poursuivie par plusieurs pays

À l'échelle internationale, parmi les quatre plus importants producteurs d'électricité d'origine nucléaire que sont les États-Unis, la France, le Japon et la Russie, les trois derniers ont choisi une stratégie de cycle « fermé ». Seuls six pays disposent néanmoins à ce jour d'une capacité de retraitement opérationnelle sur leur propre sol (cf. annexe n° 5) : la France, la Russie, l'Inde, le Royaume-Uni, le Japon et la Chine. Ainsi, à l'instar de la France, l'Inde et la Russie retraitent actuellement les combustibles usés. La Chine envisage de développer sa propre capacité de retraitement.

Le Royaume-Uni et le Japon, qui ont développé leur industrie nucléaire dans une optique de fermeture de cycle, rencontrent aujourd'hui des difficultés dans la mise en œuvre ou la poursuite de l'activité de retraitement (difficultés à maîtriser toutes les étapes du processus de recyclage, considérations économiques, souhait d'arrêter l'accumulation de plutonium séparé). L'accident de Fukushima a eu pour conséquence de réduire les perspectives d'achat de combustible recyclé MOX par le Japon qui a toutefois récemment confirmé son intention de poursuivre le recours au MOX.

Le retraitement des combustibles usés UNE (à base d'uranium naturel), aujourd'hui réalisé à l'usine de La Hague (dans les unités UP2 et UP3), a pour but, d'une part, d'isoler et purifier les matières potentiellement valorisables (plutonium et uranium), d'autre part d'isoler et conditionner les déchets ultimes, non valorisables, issus du procédé de retraitement. Le conditionnement de ces déchets se fait, selon les catégories, par vitrification ou compactage¹³.

Ce retraitement des combustibles usés permet de séparer le plutonium (1 % des substances séparées à l'issue du retraitement), l'uranium de retraitement (URT) (95 %) et les déchets ultimes (4 % constitués de produits de fission et d'actinides mineurs¹⁴). Les flux de substances correspondant, pour l'année 2017, sont résumés dans le tableau de l'annexe n° 3. Le flux annuel moyen de combustibles à uranium naturel enrichi usés traités à La Hague s'est élevé à 1 140 tMLi¹⁵/an ces cinq dernières années (cf. tableau n° 1).

Tableau n° 1 : flux annuels de combustibles UNE usés traités à La Hague

<i>(en tMLi)</i>	2013	2014	2015	2016	2017
UNE traités	1 172	1 217	1 205	1 118	999
<i>dont combustibles français</i>	<i>1 152</i>	<i>1 217</i>	<i>1 180</i>	<i>1 116</i>	<i>985</i>
<i>dont combustibles étrangers</i>	<i>20</i>	<i>0</i>	<i>25</i>	<i>2</i>	<i>14</i>

Source : Cour des comptes d'après données Orano

¹³ Différentes solutions de conditionnement de ces déchets ont été successivement mises en place à Marcoule et à La Hague, depuis les déchets bitumés jusqu'aux déchets compactés.

¹⁴ Les actinides représentent une famille d'éléments chimiques. Le fonctionnement des réacteurs génère du plutonium mais aussi, en quantité moindre, d'autres actinides, dits « mineurs ».

¹⁵ Tonne de métal lourd irradié, unité de masse utilisée pour les combustibles usés.

L'uranium de retraitement (URT) peut être à nouveau enrichi pour fabriquer un nouveau combustible, l'uranium de retraitement ré-enrichi (URE). Ce combustible a été utilisé en France de 1994 à 2013 dans les quatre réacteurs de 900 MW de la centrale de Cruas. Durant cette période, le ré-enrichissement de l'URT français était effectué en Russie et, de manière plus marginale, aux Pays-Bas. Depuis 2013, EDF a cessé cette activité de ré-enrichissement de l'uranium de retraitement après, notamment, avoir jugé insatisfaisant le procédé mis en œuvre dans les usines russes. EDF a toutefois récemment annoncé la reprise de cette activité à partir de 2023 (voir chapitre III.II.A).

Parallèlement, la France s'est dotée d'installations de fabrication de combustibles MOX¹⁶. Le MOX contient environ 9 % de plutonium¹⁷ et 91 % d'uranium appauvri (Uapp)¹⁸. Il sert de combustible alternatif à l'uranium naturel enrichi – UNE – (dans la limite de 30 % du total de combustible utilisé) dans certains réacteurs adaptés, autorisés à l'utiliser. En France, 22 réacteurs à eau pressurisée de 900 MW utilisent du combustible MOX. Deux réacteurs supplémentaires, situés à la centrale du Blayais, sont également autorisés à utiliser ce type de combustible mais n'y ont pas encore eu recours pour des raisons techniques. La production électronucléaire issue du combustible MOX représente environ 10 % de l'électricité nucléaire française.

Tableau n° 2 : quantité de MOX produit annuellement à Melox

(en tML ¹⁹)	2013	2014	2015	2016	2017
MOX produit	124	134	125	124	110
Dont pour le parc français	90	114	110	113	110
Dont pour les parcs étrangers	34	20	15	11	0

Source : Orano

¹⁶ Atelier de technologie du plutonium (ATPu) de Cadarache, de 1962 à 2003, et usine Melox, mise en service en 1995.

¹⁷ Depuis son introduction en réacteur en 1987, le MOX a vu sa teneur en plutonium progresser. Cette augmentation de la teneur en Pu vise à équilibrer les taux de combustion entre les combustibles UNE et MOX pour obtenir une gestion identique des deux types de combustible en cœur de réacteur.

¹⁸ L'uranium appauvri (Uapp) est un sous-produit de l'enrichissement de l'uranium, réalisé dans la partie amont du cycle du combustible.

¹⁹ Tonne de métal lourd, unité de masse utilisée pour les combustibles nucléaires.

Le plutonium

Le plutonium n'existe qu'à l'état de traces dans la nature. C'est un sous-produit de la production d'électricité nucléaire fabriqué lors de l'irradiation de l'uranium dans les réacteurs. La France rend compte de ses stocks de matières nucléaires à l'AIEA²⁰. Le fonctionnement du cycle est calibré pour contenir l'augmentation du stock de plutonium non irradié²¹ sur le territoire²². Par conséquent, la masse de combustibles usés retraitée chaque année est calculée en fonction du nombre de réacteurs consommant du combustible MOX²³.

Le stock de plutonium civil non irradié détenu sur le sol français est resté relativement stable au cours des dernières années (- 1 % entre 2000 et 2016). Les quantités de plutonium appartenant à des autorités étrangères ont cependant largement diminué durant cette période (- 58 % entre 2000 et 2016) en raison des décisions de plusieurs pays d'arrêter le retraitement de leurs combustibles usés en France. Il apparaît ainsi parallèlement que les quantités de plutonium de propriété française ont sensiblement augmenté (+ 48 % entre 2000 et 2016). Cette croissance des stocks de propriété française s'explique, d'une part, par une augmentation des quantités de combustibles MOX chargés dans le parc français au cours de cette période, d'autre part, par un accroissement du stock de rebuts de fabrication du MOX. Ces rebuts ne peuvent actuellement être recyclés et leur stock, entreposé dans les piscines de La Hague, ne cesse de croître²⁴. L'ensemble du plutonium contenu dans les MOX en attente de chargement et dans les rebuts de fabrication du MOX a ainsi augmenté de 205 % entre 2000 et 2016. En outre, il faut ajouter à cette comptabilisation le plutonium contenu dans les combustibles usés (dont le MOX usé).

²⁰ « *Guidelines for the Management of Plutonium (Infirc/549)* ». Ces textes s'appliquent à huit pays détenant les plus grandes quantités de plutonium (Belgique, Japon, Allemagne, Suisse, Chine, France, Royaume-Uni, États-Unis) et les engagent à transmettre à l'AIEA une comptabilité publique de leurs stocks.

²¹ Le stock de plutonium non irradié concerne le plutonium contenu dans les combustibles MOX neufs ou en cours de fabrication (incluant les rebuts MOX) ainsi que le plutonium issu des combustibles usés par le processus de retraitement. Il ne concerne en revanche pas les combustibles MOX et URE usés, qui contiennent également du plutonium.

²² Il existe également une motivation industrielle à ne pas stocker le plutonium. En effet, le plutonium (fissile) se désintègre progressivement en américium qui possède un pouvoir énergétique inférieur. Le stockage du plutonium rend donc plus difficile sa valorisation ultérieure.

²³ Afin de maintenir l'équilibre entre le flux de plutonium provenant du retraitement des combustibles usés et le flux de plutonium nécessaire à la fabrication de combustibles MOX.

²⁴ L'ASN a toutefois reçu en 2017 un dossier d'options de sûreté pour la construction d'une usine de retraitement des combustibles particuliers, dont l'un des objectifs est de traiter les rebuts de fabrication du MOX.

Chaque étape du cycle du combustible nucléaire entraîne des mouvements de matières et de déchets radioactifs à travers le territoire français. Environ 19 000 transports annuels, pour 114 000 colis²⁵, sont ainsi liés à la production électronucléaire. Le plutonium séparé parcourt ainsi plus d'un millier de kilomètres entre l'usine de La Hague dans le Cotentin, et celle de Melox située dans le Gard. Les combustibles MOX usés vont des centrales vers La Hague, parfois sur de longues distances. Les combustibles MOX neufs sont transportés de Marcoule vers les centrales. Ces importants flux logistiques emportent des risques afférents et des dépenses liées à la sécurité des transports. Par ailleurs, l'analyse de ces flux montre qu'ils se concentrent vers ou à partir des usines de La Hague, par rail et par route, rendant le fonctionnement du cycle du combustible fortement dépendant du bon approvisionnement de cette usine.

B - Les déterminants du choix français : une stratégie de long terme

1 - Un cycle incomplètement fermé

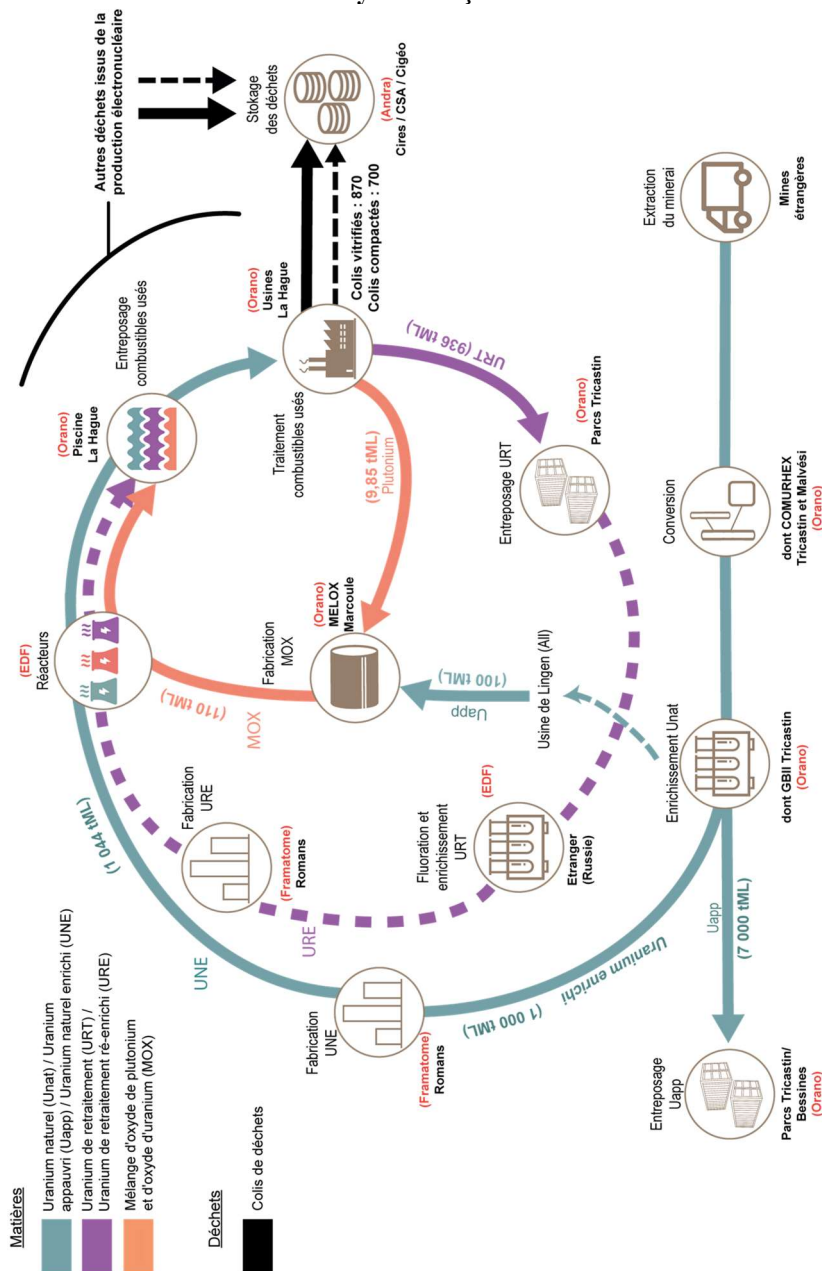
À ce jour, la « fermeture » du cycle du combustible n'est pas complète en France²⁶ puisque le plutonium n'est recyclé qu'une seule fois dans les réacteurs à eau pressurisée (on parle de « monorecyclage REP »). Les combustibles MOX usés sont entreposés dans l'attente d'une future valorisation. Ce cycle est représenté dans le schéma n° 2 et les flux associés sont récapitulés dans le tableau de l'annexe n° 3.

Le « cycle » tel qu'il est pratiqué aujourd'hui produit des matières dont la valorisation dépend de solutions techniques indisponibles à ce jour ou encore hypothétiques. La valorisation des matières contenues dans les combustibles usés MOX et URE est envisagée à travers la mise en œuvre du multirecyclage en REP, à moyen-terme, et le déploiement des réacteurs à neutrons rapides (RNR) de quatrième génération, à plus long-terme. Ces RNR pourraient également permettre le multirecyclage du plutonium, ainsi que la valorisation dans son ensemble de l'uranium, y compris l'uranium appauvri.

²⁵ Correspondant à 12 % de l'ensemble des colis de substances radioactives transportés en France. Source : chapitre 11 du rapport « *La sûreté nucléaire et la radioprotection en France en 2017* » de l'ASN.

²⁶ Le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) confirme ce constat, dans son rapport de 2018 sur le cycle du combustible.

Schéma n° 2 : le cycle français du combustible



Note : les flux indiqués correspondent aux flux de l'année 2017. Les flèches en pointillés correspondent à des étapes non-opérationnelles en 2017.

Source : Cour des comptes d'après documents de l'ASN et de l'IRSN

La sécurité d'approvisionnement, l'économie des ressources, les avantages économiques, ainsi que la réduction du volume et de la nocivité des déchets constituent les principaux arguments avancés en faveur du cycle fermé.

La sécurité d'approvisionnement et la réduction de la dépendance aux importations n'est acquise que dans la perspective de déploiement d'une filière de réacteurs à neutrons rapides (RNR)²⁷. Cette perspective, bien qu'inscrite dans le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) 2019-2023 et 2024-2028, reste incertaine, à tout le moins lointaine (deuxième partie du 21^e siècle), et le bénéfice attendu du cycle « fermé » sur ce point doit être regardé avec une grande prudence (cf. chapitre III.II.B.).

2 - Une économie réelle de matières, un bilan environnemental à approfondir

Le retraitement permet une réelle économie de ressources en uranium naturel. Entre 2010 et 2016, 1 141 tonnes de combustibles ont été chargées annuellement dans les réacteurs français en moyenne, dont 111 tonnes de MOX. On peut ainsi considérer que la fraction économisée de combustible à l'uranium naturel enrichi (UNE) permise par le recyclage du plutonium est d'environ 10 %. Ainsi, au total 18 000 tonnes d'uranium naturel ont été économisées depuis 1987. À ceci s'ajoute le bénéfice de l'économie d'uranium naturel permise par le recours éventuel au combustible URE. La reprise du recyclage de l'uranium de retraitement prévue par EDF à l'horizon 2023 (voir chapitre III.II.A), porterait le taux de recyclage à 16 % selon le Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN)²⁸, et, selon les trois exploitants, à 20-25 % en régime stabilisé à l'horizon 2030.

La réduction du volume des déchets constitue un argument majeur en faveur du recyclage. Une fois les matières valorisables (uranium de retraitement et plutonium) extraites du combustible usé, les déchets les plus radioactifs (produits de fission et actinides mineurs) sont concentrés dans une matrice de verre et les déchets de structure des combustibles usés sont compactés, ce qui permet de diviser par cinq le volume total des déchets ultimes, d'après Orano²⁹. Ce chiffre correspond au ratio défini par le volume de combustible usé sur le volume de colis vitrifiés et compactés.

²⁷ En valorisant l'uranium dans son ensemble, les RNR permettraient d'utiliser le stock de matières existant sans recourir aux importations.

²⁸ Présentation du « Cycle du combustible » français en 2018, HCTISN.

²⁹ Orano. *Rapport « Traitement des combustibles usés provenant de l'étranger dans les installations d'Orano La Hague »*. 2017.

En effet, pour 1 250 m³ de combustibles usés, 238 m³ de colis sont produits³⁰. Le ratio ainsi calculé ne prend cependant pas en compte l'URT produit par l'opération de retraitement, puisque, à l'instar des MOX et URE usés, il n'est pas considéré comme un déchet (cf. annexe n° 3).

De même, le calcul selon lequel le recyclage diminue jusqu'à dix fois la nocivité intrinsèque des déchets ne prend en compte que les déchets et non l'ensemble des matières produites à l'occasion du recyclage des combustibles usés. La radioactivité est considérablement réduite si l'on compare le combustible UNE usé aux seuls déchets issus du retraitement puisque le retraitement consiste précisément à séparer les matières valorisables, notamment le plutonium, des actinides mineurs et produits de fission (cf. annexe n° 3). Or, les principaux contributeurs à la radioactivité que sont le plutonium et les actinides mineurs ont une radioactivité équivalente. Toutefois le premier est présent en quantité dix fois supérieure³¹ aux seconds dans le combustible usé, ce qui implique donc une réduction d'un facteur 10 de la radioactivité entre le combustible usé et les déchets (actinides mineurs et produits de fission). L'objet principal du retraitement est la séparation des différentes matières, pas la suppression de la radioactivité : celle-ci est toujours présente en bout de cycle, principalement dans le combustible MOX usé.

L'intérêt environnemental du cycle « fermé » est difficile à apprécier. Selon le PNGMDR « le traitement, puis le recyclage des combustibles usés inscrit cette activité dans une forme d'économie circulaire ». Dans son avis du 20 juillet 2016 sur le PNGMDR 2016-2018, l'Autorité environnementale (Ae) estime qu'« il ne peut être affirmé a priori que le recyclage des combustibles usés est plus favorable pour l'environnement, pour les différentes générations, ni qu'il réduit la nocivité des déchets, compte tenu des sous-produits qu'il génère ». Elle recommande, d'une part, que le concept de nocivité soit explicitement défini en prenant en compte les impacts potentiels pour la population qu'elles que soient les générations concernées et, d'autre part, qu'une évaluation comparée des impacts pour la population et l'environnement des différentes alternatives de gestion des déchets radioactifs soit réalisée. En réponse à l'article 9 de l'arrêté PNGMDR du 23 février 2017³², une analyse comparée des impacts pour l'environnement du cycle actuel

³⁰ Volumes de stockage communiqués par Orano.

³¹ Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE. *Rapport sur le cycle du combustible nucléaire*. 2013.

³² Arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs.

(monorecyclage du plutonium) et d'un cycle ouvert, a été livrée début 2019³³ par Orano (cf. analyse de l'étude en annexe n° 4). L'analyse confirme l'économie d'uranium naturel de 10 % permise par le cycle actuel en comparaison avec le cycle ouvert. L'étude estime également la réduction du volume de déchets évoquée *supra* : en incluant les MOX usés dans les déchets, le cycle actuel diminuerait le volume des déchets de haute activité (HA défini *infra*) à stocker (- 283 % de déchets HA), en contrepartie d'une augmentation du volume des autres déchets, en particulier (+ 66 %) de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL défini *infra*). Selon l'étude, le cycle actuel resterait plus favorable en considérant le volume global de déchets HA et MA-VL (- 24 % de déchets « HA et MA-VL » par rapport au cycle ouvert). Ces avantages seraient néanmoins obtenus au prix de rejets radioactifs³⁴ globalement plus importants, de sorte que conclure en faveur d'un cycle ou de l'autre, nécessite de préciser au préalable les critères d'appréciation retenus. La mise à disposition de données plus significatives sur le stockage des déchets, par exemple l'emprise dans Cigéo, l'intégration de scénarios « intermédiaires » de stockage de certaines substances considérées aujourd'hui comme des matières mais qui pourraient devenir sans emploi à l'avenir (MOX, URE usés) ainsi que la prise en compte de la « méthodologie et [des] critères envisageables pour apprécier la nocivité des matières et déchets radioactifs » que l'IRSN a établis en septembre 2018³⁵ constitueraient des axes d'amélioration de cette étude pour sa prochaine version.

II - Les matières et les déchets radioactifs entreposés et stockés

L'article L. 542-1-1 du Code de l'environnement définit les différentes substances radioactives. Ces substances sont qualifiées de « matières » lorsque, du fait notamment de leurs propriétés, une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée par leur détenteur, le cas échéant après retraitement. Lorsqu'aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée, elles sont qualifiées de « déchets ».

³³ Analyse comparée du bilan environnemental d'un cycle électronucléaire « monorecyclage Pu » et d'un cycle ouvert.

³⁴ Les rejets d'effluents radioactifs, dans l'air ou dans l'eau, ne sont pas considérés comme des déchets radioactifs.

³⁵ IRSN, *Méthodologie et critères envisageables pour apprécier la nocivité des matières et déchets radioactifs*, 2018.

A - Les matières radioactives

Les matières radioactives sont principalement constituées des combustibles nucléaires en cours d'utilisation ou usés (UNE, URE et MOX), de l'uranium appauvri (Uapp) ou issu du retraitement-recyclage (URT), ainsi que du plutonium³⁶. Les rebuts de combustibles sont également répertoriés comme des matières, par exemple les rebuts issus de la fabrication de MOX. Selon leur nature et leur valorisation prévue, toutes les matières radioactives sont entreposées « à sec » ou en piscine.

Les combustibles usés sont, en France, entreposés dans des piscines afin de les refroidir pour pouvoir être retraités. Une fois usés, les assemblages de combustibles du cœur du réacteur électronucléaire sont transférés dans une piscine de désactivation située dans le « bâtiment combustible » à proximité immédiate du réacteur, appelée « piscine BK », où ils sont entreposés pendant 13 à 40 mois. Les assemblages destinés à être retraités sont ensuite expédiés à l'usine de La Hague où ils sont également entreposés dans des piscines. La durée minimale de refroidissement des combustibles UNE usés avant leur retraitement est de trois années ; la durée moyenne de séjour en piscine est actuellement de huit ans. Les combustibles URE et MOX usés, ainsi que les rebuts de fabrication du MOX, sont quant à eux entreposés dans les piscines de La Hague pour une durée beaucoup plus longue, notamment en raison de leurs caractéristiques thermiques (refroidissement de 50 à 60 ans nécessaire).

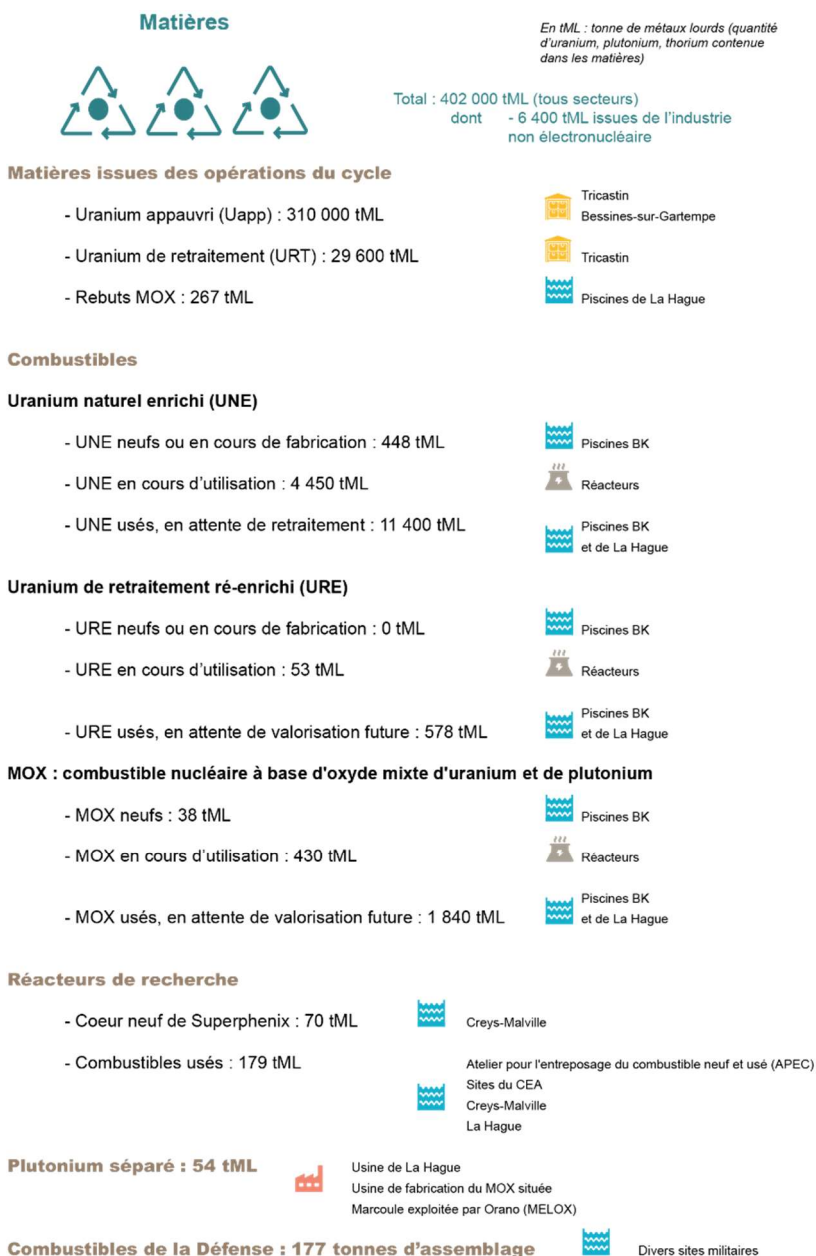
L'uranium de retraitement (URT), issu du procédé de retraitement des combustibles UNE usés, est actuellement entreposé dans des centres d'entreposage à sec situés au Tricastin.

L'uranium appauvri (Uapp) est quant à lui entreposé dans des installations à sec situées à Bessines-sur-Gartempe et au Tricastin³⁷. Ce stock est en attente d'une valorisation ultérieure, notamment par un possible ré-enrichissement pour obtenir du combustible UNE (si les conditions technico-économiques - notamment les cours de l'uranium - assuraient la rentabilité de cette opération³⁸). Des faibles quantités d'Uapp peuvent également être utilisées pour produire le combustible MOX.

³⁶ Cf. encadré sur le plutonium *supra*.

³⁷ Ces installations d'entreposage de l'uranium appauvri ne sont pas classées en INB (installations nucléaires de base) mais en ICPE (installations classées pour la protection de l'environnement).

³⁸ À noter qu'un tel ré-enrichissement produirait également de l'uranium « très appauvri » qu'il conviendrait d'entreposer ou de stocker.

**Schéma n° 3 : les stocks français de matières
et leurs lieux d'entreposage fin 2016**

Source : Cour des comptes d'après Inventaire national 2018 de l'ANDRA et données des exploitants

B - Les déchets radioactifs

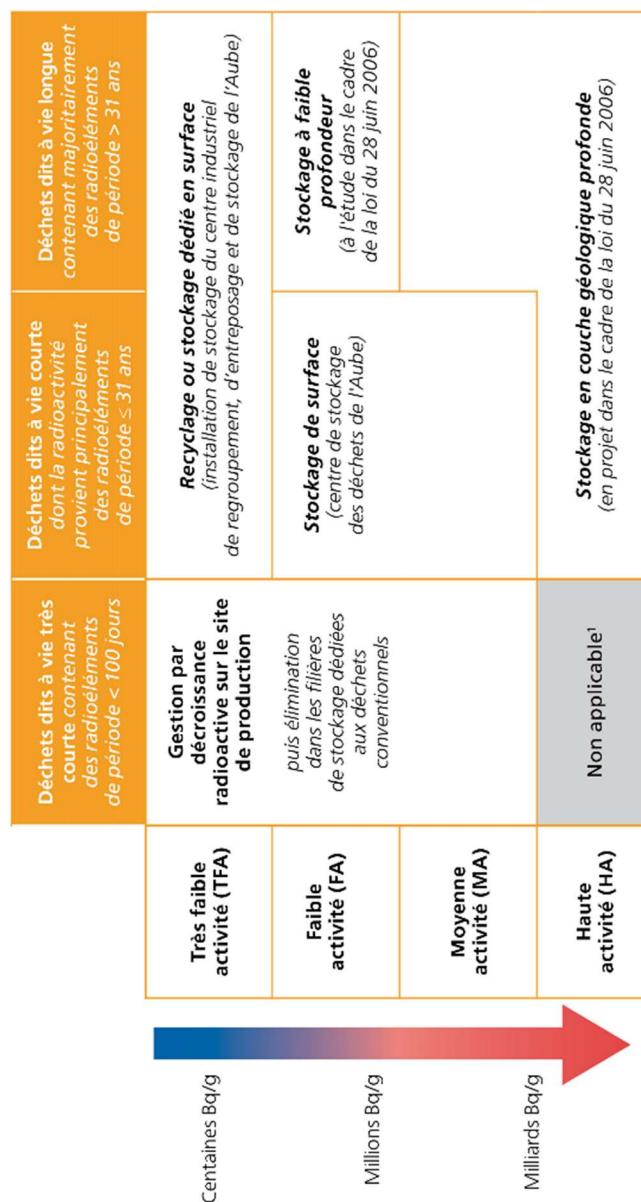
1 - Le classement des déchets

En France, comme en Espagne ou en Belgique notamment, les déchets radioactifs sont classés par filière de gestion, selon leur radio-toxicité, leur activité (exprimée en Becquerel³⁹) et leur durée de vie. Le niveau d'activité donne une indication sur l'intensité du rayonnement radioactif à un moment donné, donc sur la dangerosité potentielle du déchet. Quatre niveaux d'activité sont définis : très faible activité (TFA), faible activité (FA), moyenne activité (MA) et haute activité (HA).

La durée de vie permet d'apprécier la période pendant laquelle le déchet sera actif. L'activité diminuant régulièrement dans le temps, cette décroissance se fait rapidement pour les déchets à vie courte ou de façon beaucoup plus lente pour les déchets à vie longue. Trois niveaux sont utilisés : vie très courte, vie courte (VC) et vie longue (VL). La combinaison entre ces niveaux d'activité et de durée de vie conduit à identifier six catégories de déchets et cinq filières de gestion.

L'examen des différents classements des déchets adoptés à l'étranger permet de conclure qu'il n'existe pas de spécificité française dans le classement des déchets radioactifs, à l'exception notable de la catégorie des déchets de très faible activité, rarement identifiée en tant que telle.

³⁹ Le Becquerel (Bq) est l'unité légale de mesure internationale qui mesure l'activité d'une source radioactive, c'est-à-dire le nombre de transformations ou désintégrations d'atomes qui s'y produisent en une seconde.

Schéma n° 4 : classification des déchets radioactifs et des filières de gestion associées

¹ Les déchets de haute activité à vie très courte n'existent pas.

Source : ASN

Les déchets de haute activité (HA) (plusieurs milliards de Bq/g) sont entreposés dans des installations spécifiques sur les sites de production à La Hague et à Marcoule sous forme de colis vitrifiés⁴⁰. Ils sont principalement issus de la dissolution chimique des combustibles usés et peuvent avoir une durée de vie très longue, de plusieurs centaines de milliers d'années. Leur entreposage est nécessaire pendant une cinquantaine d'années afin que leur température baisse suffisamment pour qu'ils puissent être stockés. Ils représentent 0,2 % du volume total des déchets radioactifs présents sur le territoire français et environ 95 % de leur radioactivité totale⁴¹. En France, ils sont destinés à être stockés en couche géologique profonde dans le cadre du projet Cigéo.

Les déchets de moyenne activité (entre un million et un milliard de Bq/g) à vie longue⁴² (MA-VL) sont entreposés sur les sites des producteurs et des détenteurs à La Hague, Marcoule, Cadarache et Valduc. Ils sont aujourd'hui majoritairement issus de structures métalliques entourant les combustibles usés et seront produits lors du démantèlement des réacteurs, en particulier les structures internes de la cuve. Ces déchets représentent environ 3 % du volume total des déchets radioactifs présents sur le territoire français, et 5 % de leur radioactivité totale. Ils sont destinés à être stockés dans Cigéo.

Les déchets de faible activité à vie longue (FA-VL)⁴³ ont une radioactivité de quelques dizaines à plusieurs centaines de milliers de Bq/g. Ils sont actuellement entreposés par leurs producteurs et détenteurs, mais il n'existe, à ce jour, aucune solution arrêtée pour leur stockage⁴⁴. Ces déchets représentent environ 6 % du volume total de déchets radioactifs, et une part infime de la radioactivité du total des déchets radioactifs.

Les déchets de faible activité à vie courte et les déchets de très faible activité représentent quant à eux environ 90 % des déchets radioactifs et 0,2 % de la radioactivité (voir *infra*).

⁴⁰ Ces déchets sont incorporés dans du verre puis conditionnés dans des conteneurs en acier inoxydable.

⁴¹ ANDRA. *Inventaire national des matières et déchets radioactifs, édition 2018, partie 3*. Juillet 2018.

⁴² Le temps nécessaire à la décroissance de la radioactivité de ces déchets jusqu'à un seuil ne présentant pas de risque pour la santé humaine et l'environnement est de plusieurs centaines de milliers d'années.

⁴³ L'URT et l'Uapp, s'ils étaient requalifiés en déchets, seraient considérés comme des déchets FA-VL (voir *Les Essentiels de l'Inventaire National 2018 de l'ANDRA*).

⁴⁴ Une étude de concept de stockage et de conditionnement des déchets FA-VL est en cours de réalisation par l'ANDRA et devrait être disponible en 2020.

2 - Les solutions de stockage disponibles

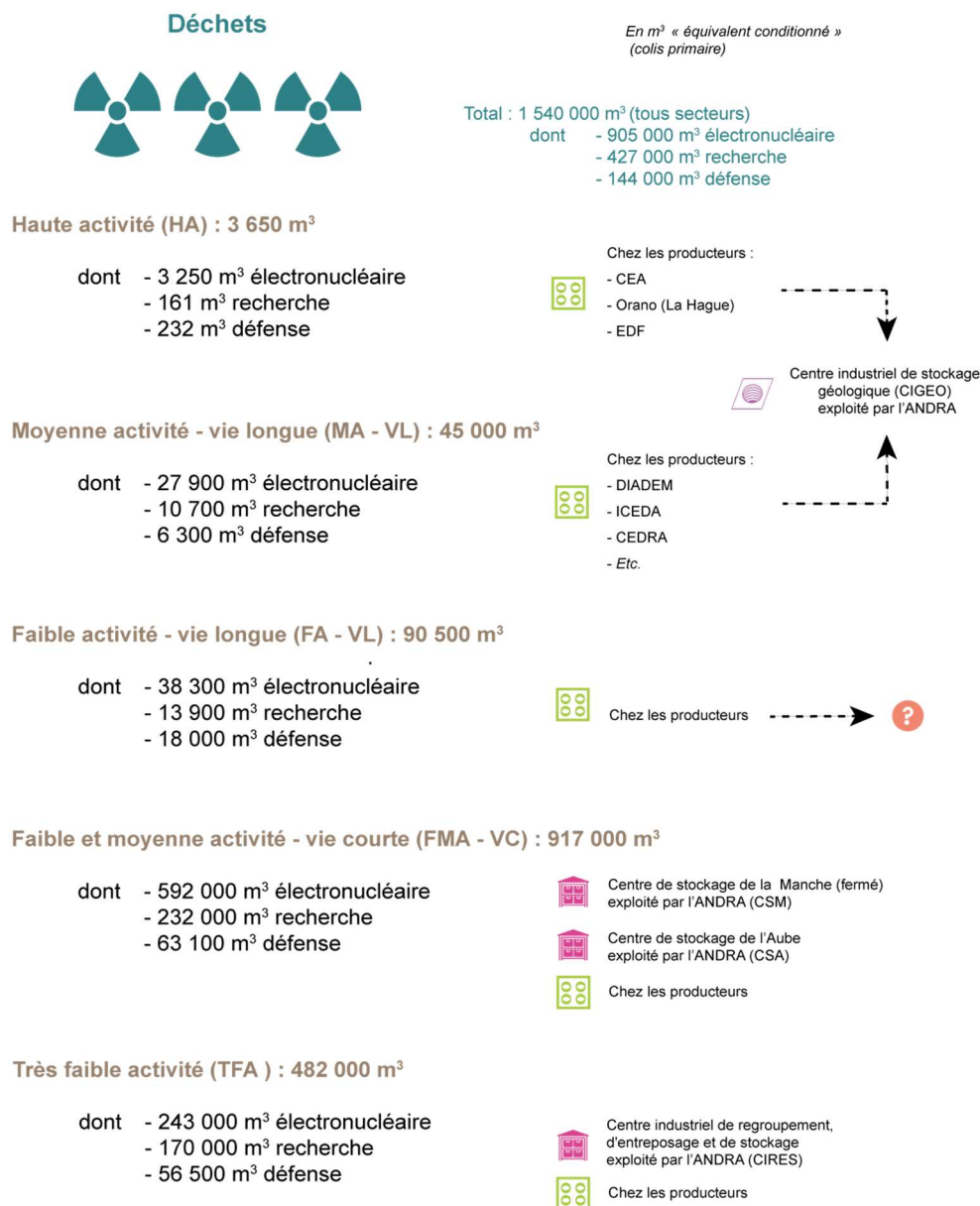
Aucune solution de stockage des déchets radioactifs à vie longue, qu'ils soient de faible, moyenne ou haute activité, n'est aujourd'hui opérationnelle en France, ni même en cours de réalisation. L'ANDRA ne stocke actuellement que les déchets de faible et moyenne activité à vie courte et de très faible activité.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)⁴⁵ (quelques centaines de Bq/g) sont stockés en surface, dans deux sites de l'ANDRA (centres de stockage de l'Aube – CSA – et de la Manche – CSM, fermé depuis 1994). Ces déchets sont principalement issus du fonctionnement, de la maintenance et du démantèlement des installations nucléaires. De par leur nature (déchets issus du traitement des effluents liquides, vêtements usagés, outils, etc.) leur volume est très important : ils représentent environ 60 % du volume total des déchets radioactifs présents en France, mais seulement environ 0,03 % de la radioactivité totale de ces déchets.

Les déchets de très faible activité (TFA) (inférieure à 100 Bq/g) sont stockés au centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (CIRES) de l'ANDRA, situé dans l'Aube. Tout comme les déchets de faible et moyenne activité à vie courte, ces déchets sont majoritairement issus du fonctionnement, de la maintenance et du démantèlement des installations nucléaires (centrales, installations du cycle du combustible, centres de recherche). Ils se présentent sous la forme de déchets inertes (gravats, béton, terre), de déchets métalliques ou de plastiques. Ils représentent environ 30 % des volumes de déchets radioactifs et 0,0001 % de la radioactivité.

⁴⁵ Le temps nécessaire à la décroissance de la radioactivité de ces déchets jusqu'à un seuil ne présentant pas de risque pour la santé humaine et l'environnement est d'environ 300 ans au maximum.

Schéma n° 5 : les stocks français de déchets et leurs lieux d'entreposage et de stockage fin 2016



Source : Cour des comptes d'après Inventaire national 2018 de l'ANDRA et données des exploitants

Chapitre II

Les capacités et les coûts d'entreposage et de stockage des substances radioactives

Les matières radioactives sont entreposées dans l'attente d'une valorisation ultérieure. Les déchets radioactifs sont soit définitivement stockés, soit entreposés dans l'attente de l'être.

Compte tenu des quantités de matières et de déchets produits par le cycle du combustible, des capacités d'entreposage et de stockage sont nécessaires. L'accroissement de ces capacités doit être anticipé afin de prévenir la saturation de certains centres existants et le coût de ces entreposages et stockages, qui s'accroît, doit être régulièrement réévalué (I).

Le reconditionnement des déchets dits « anciens », dont le conditionnement ne répond plus aux exigences de sûreté actuelles, est une opération complexe, dont les coûts, qui pèsent majoritairement sur le CEA, dérivent (II).

Par ailleurs, le stockage des déchets les plus radioactifs et à la durée de vie la plus longue est prévu en couche géologique profonde. Le coût du projet de centre de stockage Cigéo destiné à les accueillir a été arrêté en 2016 à 25 Md€₂₀₁₂. Ce montant devra être actualisé (III).

I - Des capacités et des coûts d'entreposage et de stockage à réévaluer

A - L'inventaire national des matières et déchets radioactifs, une base de données à mieux valoriser

L'article L. 542-12 du code de l'environnement, modifié par la loi de juillet 2016 précitée, charge l'ANDRA « d'établir, de mettre à jour tous les trois ans et de publier l'inventaire des matières et déchets radioactifs présents en France ou destinés à *y être stockés ainsi que leur localisation sur le territoire national* ». L'édition la plus récente de cet inventaire date de juillet 2018⁴⁶. Elle porte sur les stocks de matières et de déchets présents sur le territoire français au 31 décembre 2016, y compris les déchets étrangers⁴⁷, et sur les stocks prévisionnels en 2030 et 2040 et « à terminaison du parc », c'est-à-dire à l'issue du démantèlement des installations nucléaires autorisées à fin 2016 (incluant notamment l'EPR de Flamanville).

Les données relatives aux stocks de déchets radioactifs et à leurs entreposages et stockages sont détaillées et mises à disposition du public annuellement, en *open data*⁴⁸. Les informations relatives aux matières et à leurs lieux d'entreposage sont quant à elles présentées de manière moins précise et non systématique. Il s'agit pourtant de quantités importantes de substances radioactives. L'éclairage des décisions relatives à la gestion des substances radioactives nécessiterait de disposer d'une meilleure information sur ces matières. La Cour rejoint ainsi la recommandation du HCTISN émise dans le cadre de sa présentation du cycle du combustible en 2018 « de mettre à disposition du public les informations permettant de mieux appréhender le cycle du combustible et notamment les flux et entreposages de matières en attente de valorisation (combustibles usés, matières issues du traitement, uranium appauvri et combustibles rebutés) ».

⁴⁶ ANDRA. *Inventaire des matières et déchets radioactifs*. Juillet 2018.

⁴⁷ Si les déchets étrangers, visés à l'article L. 542-2-1 du code de l'environnement, ont vocation à être réexpédiés à leurs propriétaires à l'étranger, ils sont comptabilisés dans les bilans présentés dans l'inventaire national dès lors qu'ils sont présents sur le territoire français à la date de référence de l'inventaire.

⁴⁸ Les données de l'inventaire sont disponibles sur le site web de l'ANDRA (inventaire.andra.fr) et les stocks de déchets radioactifs mis également à disposition du public sur le site web www.data.gouv.fr.

L'inventaire national est établi sur la base des déclarations faites par les producteurs et détenteurs de matières et déchets radioactifs. L'ANDRA réalise la consolidation des données et en examine la cohérence, mais ne dispose pas de moyens de contrôle des déclarations.

Les stocks futurs sont établis sur la base de scénarios concernant le devenir des installations nucléaires (durée de fonctionnement des réacteurs notamment) et la politique énergétique de la France à long terme (renouvellement ou non du parc nucléaire, poursuite ou non de la politique de retraitement des combustibles usés).

La comparaison dynamique entre scénarios est malaisée, les bilans de matières et déchets des différents scénarios de l'inventaire n'étant pas présentés aux mêmes échéances. Il est prévu que la présentation de tous les scénarios soit harmonisée à l'occasion de la prochaine édition de l'inventaire national.

**La prise en compte des déchets issus du démantèlement
dans les scénarios prospectifs**

Pour les opérations de démantèlement, on parle d'assainissement « complet » des sols et structures lorsque l'installation ne nécessite plus aucune surveillance, ou d'assainissement « partiel » s'il y a maintien d'une surveillance. L'ASN recommande la mise en œuvre de pratiques d'assainissement et de démantèlement visant à atteindre un état final pour lequel la totalité des substances dangereuses et radioactives a été évacuée de l'installation nucléaire⁴⁹. Toutefois, la mise en œuvre de cet objectif d'assainissement complet se heurte à de nombreuses difficultés. L'analyse des stratégies de démantèlement du CEA et d'Orano par l'IRSN met notamment en exergue le fait que les producteurs de déchets s'écartent de cet objectif et proposent des solutions alternatives.

Ce sujet a fait l'objet d'une étude spécifique dans le cadre de la mise en œuvre de l'article 20 du PNGMDR 2016-2018⁵⁰ : la complétude de la connaissance de l'état initial des installations à assainir, les itérations dans la définition de l'état final d'assainissement visé pour les structures et les sols, les alternatives offertes par l'état de l'art pour atteindre l'état final visé, représentent autant d'incertitudes sur la quantification des déchets. L'ASN et l'ASND remettront leur avis sur l'étude en 2019, pour préparer le prochain PNGMDR. L'ASN note cependant, dès à présent, que l'étude remise n'est pas suffisamment précise pour permettre de conclure.

⁴⁹ ASN. *Guide n° 6*. Août 2016.

⁵⁰ *Méthodologie d'évaluation des quantités de déchets TFA issus du démantèlement des installations nucléaires d'Orano, de Framatome, du CEA et d'EDF*, juin 2018.

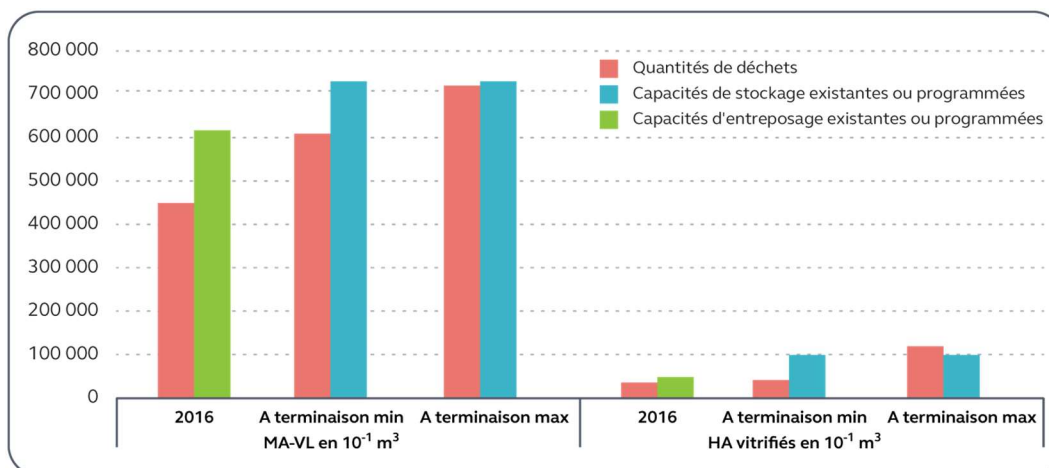
Cela incite à prendre avec précaution les chiffres prévisionnels associés aux opérations de démantèlement, annoncés dans les scénarios prospectifs, plus particulièrement pour les déchets TFA : une multiplication par un facteur supérieur à deux des volumes actuellement retenus dans les projections des producteurs n'est pas à exclure, à moins d'accepter une moindre décontamination des structures et des sols.

Par ailleurs, ces scénarios prospectifs ne permettent pas de rendre compte des volumes de matières et de déchets produits pour fournir une même quantité d'électricité d'origine nucléaire sur une même période de temps ; ils ne rendent aujourd'hui compte que des matières et des déchets produits par certaines installations jusqu'à la fin de vie de celles-ci. Cette information serait pourtant pertinente pour pouvoir éclairer les différentes options de politique énergétique française. Cet exercice a été réalisé en partie dans le cadre des études transmises récemment au titre du PNGMDR. Les résultats correspondants pourraient utilement être synthétisés dans l'inventaire national.

Enfin, la mise en perspective consolidée des quantités actuelles et prévisionnelles de matières et déchets avec les capacités d'entreposage et de stockage actuelles et projetées, à différentes échéances, n'est pas présentée dans l'inventaire⁵¹. Cette vision consolidée, dont une illustration pour les déchets MA-VL et HA vitrifiés est donnée sur le graphique n° 1, permettrait pourtant de mieux appréhender les enjeux associés au risque de saturation des stockages et entreposages. Une illustration plus complète de cette vision est donnée en annexe n° 6. Elle serait utile pour éclairer, dans le cadre du PNGMDR, le pilotage des calendriers de mise en service des nouvelles capacités, en particulier pour l'entreposage des matières et notamment des combustibles usés, sur lesquels pèsent de réels risques de saturation (voir *infra*).

⁵¹ D'autres études permettent toutefois d'éclairer cette question : c'est le cas des analyses conduites dans les dossiers « impact cycle » (voir chapitre IV) ou d'autres études du PNGMDR, notamment en réponse à l'article D.542-79 du décret PNGMDR.

Graphique n° 1 : mise en perspective des quantités actuelles et prévisionnelles de déchets HA et MA-VL avec les capacités d'entreposage et de stockage actuelles et projetées



Source : compilation Cour des comptes

B - Des besoins de capacités supplémentaires

1 - Un accroissement des capacités du centre de stockage des déchets de très faible activité à prévoir

Le CIRES (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage) situé dans l'Aube et exploité par l'ANDRA, est actuellement le seul centre de stockage **des déchets de très faible activité** (TFA). La capacité actuelle de stockage du CIRES, de 650 000 m³, a été conçue pour faire face aux besoins de stockage sur une trentaine d'années, sur la base d'un flux prévisionnel de 20 000 à 22 000 m³ de déchets par an. Depuis la mise en service de ce centre en 2003, son rythme de remplissage est légèrement plus élevé que prévu initialement. Selon les prévisions de l'ANDRA, la capacité actuelle de stockage autorisée sera totalement utilisée vers 2029-2030.

C'est pourquoi, en 2024, la capacité du centre pourrait être augmentée de 250 000 à 300 000 m³, sans accroissement de l'emprise foncière actuelle. Elle atteindrait alors environ 900 000 m³. Cette nouvelle capacité ne pourra cependant satisfaire totalement les besoins de stockage des déchets TFA à l'issue du démantèlement des installations nucléaires, quel que soit le

scénario retenu⁵². Toutes choses égales par ailleurs, un ou plusieurs autres centres de stockage de déchets TFA devront donc être construits⁵³.

Ces volumes prévisionnels sont cependant sensibles, dans une très large proportion, à d'éventuelles évolutions de la réglementation en matière de gestion des déchets de très faible activité. Précisément, le mode de gestion français de ces déchets fait actuellement l'objet d'un débat spécifique dans le cadre du débat public sur le PNGMDR 2019-2021.

De nombreux pays considèrent que des matériaux (métaux, gravats) activés par des produits radioactifs peuvent l'être trop peu pour présenter un danger pour la santé humaine. Ces pays adoptent des « seuils de libération », correspondant aux niveaux de contamination en-deçà desquels ces matériaux peuvent être utilisés sans restriction pour la fabrication d'équipements ou d'objets. La France est un des rares pays à ne pas avoir adopté de seuil de ce type, l'approche française étant fondée sur le lieu d'origine des déchets : un déchet se trouvant dans une zone « radioactive » sera réputé radioactif et géré comme tel, même si sa radioactivité est quasi nulle. Le cadre réglementaire français applicable aux installations nucléaires de base impose que les déchets activés, contaminés ou susceptibles de l'être, soient gérés comme des déchets radioactifs, ce qui en interdit l'utilisation pour la fabrication de biens de consommation ou de matériaux de construction. Ce dispositif, lisible et simple à mettre en œuvre, répond au principe international visant à exposer la population à un niveau aussi faible que possible de radioactivité d'origine anthropique.

Il conduit cependant à gérer, dans des filières spécifiques aux déchets radioactifs, une quantité importante de déchets et matériaux, dont le niveau de radioactivité est extrêmement faible. Sur la base de contrôles effectués sur les déchets qu'elle reçoit, l'ANDRA considère que 30 % à 50 % des déchets de très faible activité (TFA) stockés au CIREs pourraient présenter une activité inférieure aux seuils de libération fixés par la directive européenne en matière de radioprotection⁵⁴. Cette estimation doit toutefois, selon l'ANDRA elle-même, être prise avec prudence, compte-tenu de l'échantillonnage des contrôles concernés.

⁵² Cf. ANDRA. Scénarios prospectifs. In : *Inventaire national des matières et des déchets*, 2018. Le volume total des déchets TFA « à terminaison du parc nucléaire » est estimé entre 2,1 et 2,3 millions de m³ suivant les scénarios SNR et SR3, soit plus de trois fois la capacité actuelle de stockage du CIREs.

⁵³ Le stockage de ces déchets à proximité des installations nucléaires est proposé par plusieurs acteurs de la filière.

⁵⁴ Directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom.

De nombreux travaux récents sur le sujet soutiennent que le dispositif français conduit à mettre en œuvre des solutions de gestion disproportionnées pour les déchets de très faible activité, au stade actuel des connaissances⁵⁵. Cependant, pour l'ASN « la gestion des déchets radioactifs TFA doit rester fondée sur le lieu d'origine des déchets et garantir leur traçabilité, grâce à des filières spécifiques, depuis la production jusqu'au stockage (...) ce principe est incompatible avec la mise en place généralisée de « seuils de libération⁵⁶ ».

Compte-tenu de l'importance des volumes en jeu et de la sensibilité de ce sujet, il est souhaitable que l'autorité administrative, à l'issue du débat public, arrête une décision formelle sur la gestion des déchets de très faible activité et sur les conditions d'éventuelles valorisations notamment des matériaux métalliques, d'une part, et des gravats, d'autre part.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) sont également stockés en surface et sont surveillés pendant la durée, estimée à 300 ans, nécessaire à la décroissance de leur radioactivité jusqu'à des niveaux d'impact négligeables. En France, il existe deux sites dédiés au stockage de ces déchets, tous les deux exploités par l'ANDRA : le centre de stockage de la Manche (CSM) et le centre de stockage de l'Aube (CSA). Le CSM, d'une capacité de stockage d'environ 530 000 m³, saturé, n'accueille plus de déchets depuis 1994. Le CSA, en activité depuis 1992, possède une capacité de stockage de 1 000 000 m³. Fin 2016, il était utilisé à 32 % de ses capacités. Dans les conditions actuelles, le stockage des déchets FMA-VC ne présente pas de risque de saturation à court et moyen termes, mais de nouvelles capacités devront toutefois être construites, après exploitation des marges et optimisations que l'ANDRA pourra identifier, en prévision du démantèlement complet du parc.

⁵⁵ Cf. notamment, les recommandations du rapport d'information de l'Assemblée nationale « Aubert – Romagnan », de février 2017, favorables à l'assouplissement des règles relatives aux déchets à très faible activité, les recommandations de l'OPECST dans le cadre de son rapport sur l'évaluation du PNGMDR 2016-2018 de mars 2017 où l'office se déclare « favorable au principe d'introduction, à terme, de seuils de libération conditionnels », ou encore le rapport d'évaluation n° 11 de la commission nationale d'évaluation, de mai 2017, qui considère que « l'expérience des pays qui ont un seuil de libération montre qu'une réglementation associée à des procédures et à des contrôles stricts, permet d'assurer la protection des populations ».

⁵⁶ Avis n° 2016-AV-0258 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 février 2016 sur les études concernant la gestion des déchets de très faible activité (TFA) et de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) remises en application du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2013-2015, en vue de l'élaboration du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018.

2 - Des entreposages pour les déchets de haute et moyenne activité sous contrainte

Les déchets de haute et moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL) sont, dans l'attente d'un stockage dans Cigéo, entreposés « à sec », dans des installations situées à La Hague, à Cadarache et à Marcoule. Le seul entreposage de colis géré par EDF sera l'installation ICEDA⁵⁷, située au Bugey et actuellement en construction.

Les chroniques de recours à ces centres d'entreposage sont connues et décrites, selon un scénario de référence de production des déchets⁵⁸, dans le programme industriel de gestion des déchets (PIGD)⁵⁹ dont la dernière version date de 2016.

De nouvelles capacités d'entreposage des déchets HA et MA-VL devront être construites afin de répondre au remplissage des capacités d'entreposage existantes qui interviendra avant que ces déchets puissent être envoyés dans Cigéo. Chaque producteur de déchets gère ses capacités d'entreposage de déchets HA, MA et FA-VL au plus juste, en fonction de ses besoins à court et moyen terme. Des situations relativement contraintes ont déjà été rencontrées en raison d'aléas intervenus dans la construction de nouvelles capacités d'entreposage, certains exploitants ayant pris trop peu de marge de calendrier.

⁵⁷ Installation pour le conditionnement et l'entreposage des déchets radioactifs activés. L'installation a vocation à accueillir les déchets activés de démantèlement et d'exploitation.

⁵⁸ Ce scénario de référence correspond au scénario 1 de l'inventaire national 2015 reposant sur la poursuite de la production d'électricité d'origine nucléaire, le maintien de la stratégie actuelle en matière de retraitement de combustibles usés et une durée de fonctionnement des réacteurs de 50 ans. Ce scénario utilisé pour le PIGD devrait prochainement être mis à jour en cohérence avec les scénarios de l'inventaire national 2018.

⁵⁹ Élaboré conjointement par l'ANDRA et les producteurs de déchets, le PIGD rassemble l'inventaire des déchets à stocker dans Cigéo et les principales hypothèses retenues pour l'élaborer ainsi que l'ordonnancement et les flux prévisionnels de livraison des colis.

Les insuffisances du cadrage collectif pour les entreposages

Le PNGMDR doit prendre en compte la pluralité des enjeux de la gestion des matières et déchets radioactifs. En pratique, cela suppose la construction d'une stratégie de gestion cohérente et optimisée dans la durée. Il s'ensuit un enjeu de gouvernance collective, particulièrement important s'agissant de l'entreposage. Rien n'impose en effet une gestion concertée de ces entreposages, dont la responsabilité incombe aux producteurs de déchets. Selon l'ANDRA, cette situation « n'incite pas à l'optimisation technico-économique globale et la prise en compte des enjeux de sûreté à l'échelle des filières de gestion. L'optimisation locale que chaque acteur est amené à conduire n'est pas forcément l'intérêt collectif et peut générer des coûts chez les autres producteurs ».

La cohérence entre les hypothèses concernant les stockages et les entreposages est assurée par le PIGD, qui porte les chroniques de référence, communes à tous les acteurs, d'envoi des déchets dans Cigéo. L'ANDRA observe toutefois, dans de récents travaux⁶⁰, que « les inventaires et chroniques utilisés pour les études de conception et d'adaptabilité de Cigéo ne résultent pas d'une optimisation globale de l'ensemble des stratégies de reprise et conditionnement des déchets, démantèlement, désentreposage des différents producteurs ».

3 - Prévenir la saturation des capacités d'entreposage des matières

a) Uranium appauvri et uranium de retraitement, des stocks croissants et des capacités d'entreposage à développer

L'uranium appauvri (Uapp) est, de loin, la matière représentant les tonnages les plus importants de l'inventaire des matières (environ 77 % des tonnages totaux en tML). Fin 2016, 309 810 tML d'uranium appauvri étaient entreposées dans les deux principales installations exploitées par Orano, situées à Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne) et au Tricastin (Drôme). La capacité cumulée de ces entreposages s'élève à 319 590 tML⁶¹. Les stocks d'uranium appauvri ne cessent d'augmenter (+ 8,2 % depuis 2013) car les opérations d'enrichissement de l'uranium

⁶⁰ ANDRA, *Présentation « l'inventaire de référence de Cigéo »*, GT PNGMDR, 29/09/2017.

⁶¹ En sus de ces installations dédiées, l'uranium appauvri est également entreposé comme protection radiologique, sous une forme spécifique, dans les installations dédiées à l'entreposage d'URT situées au Tricastin (environ 82 200 tML d'Uapp sont entreposées sous cette forme fin 2016).

naturel, à l'amont du cycle, continuent de produire de l'Uapp et que cette matière (environ 6 700 tML/an) ne dispose d'aucune filière de valorisation opérationnelle, l'uranium appauvri utilisé pour la fabrication du MOX (environ 110 tML/an) provenant de l'usine d'enrichissement d'Orano située à Lingén, en Allemagne. En réponse à ces besoins d'entrepôts croissants et à la complète utilisation, dès 2022, de l'ensemble des capacités actuelles⁶², une augmentation de capacité de 60 100 tML est prévue sur le site de Bessines-sur-Gartempe qui devrait permettre de couvrir l'ensemble des besoins jusqu'en 2030.

L'uranium de retraitement (URT) est principalement entreposé dans des bâtiments spécifiques situés sur le site du Tricastin, dans des parcs d'entreposage exploités par Orano⁶³. La capacité opérationnelle de ces parcs s'élève à environ 31 115 tML d'URT. Fin 2016, le taux de remplissage physique atteignait 91 % de cette capacité, dont la saturation devrait intervenir en 2022⁶⁴. Une demande d'autorisation de création d'un nouveau parc a été déposée par Orano Cycle auprès de l'ASN, fin 2017. Ce parc permettra d'entreposer 13 950 tonnes d'URT supplémentaires⁶⁵. Avec cette nouvelle installation et des réagencements éventuels qui pourraient être mis en œuvre dans les parcs actuels, les capacités d'entreposage d'URT seraient portées à 47 065 tML et leur saturation n'interviendrait pas avant 2035.

D'après le PNGMDR 2016-2018, l'URT et l'uranium appauvri (Uapp), du fait de leurs caractéristiques isotopiques, pourraient s'apparenter à des déchets de la catégorie FA-VL s'ils étaient considérés comme des déchets. Le PNGMDR 2016-2018 prescrit la production d'études sur le stockage de ces substances, incluant une estimation des coûts d'ici le 31 décembre 2019.

b) Anticiper l'augmentation des capacités d'entreposage de combustibles usés

En France, les combustibles usés (UNE, MOX et URE usés) sont d'abord entreposés dans les piscines BK, situées à proximité des réacteurs, puis sont envoyés vers les quatre piscines d'entreposage de La Hague.

⁶² Évaluations issues du rapport de l'IRSN sur le cycle du combustible nucléaire en France - Dossier « impact cycle » 2016.

⁶³ Orano gère les entreposages d'URT pour le compte des propriétaires de la matière, principalement EDF (90 %) et quelques clients étrangers (10 %), selon des conditions financières inscrites dans des contrats bilatéraux.

⁶⁴ Selon le rapport de l'IRSN sur le dossier « impact cycle » 2016.

⁶⁵ Mais également 14 000 tonnes d'Uapp supplémentaires (sous forme spécifique).

Aujourd'hui, seuls les combustibles UNE usés sont retraités et recyclés. Les autres combustibles (MOX et URE usés), ainsi que les rebuts issus de la fabrication des MOX, sont entreposés pour des durées indéterminées qui dépendront de la mise en place de filières de recyclage spécifiques⁶⁶ ou du déploiement éventuel de réacteurs à neutrons rapides, de quatrième génération. À ces combustibles usés (CU) issus de la production électronucléaire, s'ajoutent ceux issus des réacteurs de recherche et ceux de la défense (notamment propulsion navale), qui sont entreposés dans des installations spécifiques.

Les capacités nominales d'entreposage des combustibles usés en piscine BK et en piscines de La Hague ne représentent pas les capacités réellement exploitables. En effet, plusieurs contraintes techniques et d'exploitation réduisent ces capacités⁶⁷. Les estimations de la Cour en termes de capacités opérationnelles et de taux d'occupation des capacités sont présentées dans le tableau n° 3.

Tableau n° 3 : capacités d'entreposage et stocks de combustibles usés (CU) évalués fin 2016

(en tMLi)	Capacité nominale	Capacité opérationnelle (1)	Capacité utile pour les CU français (2)	Stocks de CU français fin 2016	Taux de disponibilité pour les CU français fin 2016
Piscines BK des centrales nucléaires	13 140	8 100	5 360	4 040	24,6 %
Piscines de La Hague	17 600	12 495	10 730	9 900	7,7 %
Total	30 740	20 615	16 090	13 940 (3)	13,3 %

(1) Capacité obtenue après déduction des capacités neutralisées par les contraintes techniques et d'exploitation et en particulier de la place nécessaire au déchargement des cœurs complets des réacteurs associés pour les piscines BK (2) Capacité utile disponible pour les combustibles usés français après déduction des capacités dédiées aux rebuts, aux combustibles étrangers et aux divers déchets entreposés (3) Stocks de combustibles usés (UNE français, URE, MOX, RNR et autres combustibles usés civils) de l'inventaire national 2018.

Source : Cour des comptes d'après PNGMDR, inventaire national des matières et des déchets radioactifs 2018, dossier « impact cycle » 2016 et données des exploitants

⁶⁶ La faisabilité, à très petite échelle, du recyclage des MOX et URE usés a été démontrée mais la faisabilité économique et technique de ce recyclage, à l'échelle industrielle, doit être confirmée.

⁶⁷ Pour les piscines BK, des réserves sont nécessaires pour décharger en cas d'urgence les assemblages présents dans le réacteur (cœur), d'autres réserves sont indispensables pour l'entreposage des assemblages neufs en attente de chargement et des alvéoles sont également rendues indisponibles pour diverses raisons techniques. Pour les piscines de La Hague, des contraintes d'exploitation existent également (ex : maintien de capacités disponibles pour l'entreposage des rebuts de fabrication du MOX).

Selon les scénarios étudiés dans le dossier « impact cycle » 2016⁶⁸, les capacités d'entreposage des combustibles usés (piscines BK et La Hague) seraient remplies à l'horizon 2030 dans le meilleur des cas et vers 2025 dans le plus défavorable.

S'agissant du risque de saturation des piscines de La Hague, dont la Cour évalue le taux de disponibilité pour les combustibles usés français à environ 7,7 %⁶⁹, EDF prévoit à moyen terme la construction d'une piscine d'entreposage centralisé des combustibles usés, destinée à durer une centaine d'années. Une alternative d'entreposage à sec a également été étudiée par l'exploitant, mais a été écartée en raison de la nature des combustibles usés pour lesquels cet entreposage est conçu⁷⁰ : le projet doit en effet principalement accueillir les combustibles MOX et URE usés, très chauds, qui ne peuvent pas être entreposés à sec avant plusieurs décennies.

Outre l'entreposage des MOX et URE usés, le projet de piscine, comportant deux bassins d'une capacité d'environ 5 000 tML chacun, permettrait, en cas de besoin, l'entreposage des combustibles usés issus du fonctionnement de Superphénix⁷¹ ainsi que l'entreposage transitoire d'UNE usés (qui continueront d'être envoyés vers La Hague pour retraitement). Il n'est pas prévu que les rebuts de fabrication du MOX soient entreposés dans cette piscine⁷². En avril 2017, EDF a transmis un dossier d'options de sureté (DOS) à l'ASN, qui a mis en consultation, le 16 mai 2019, son projet d'avis sur ce dossier⁷³. L'objectif d'EDF est de déposer une demande d'autorisation de création avant fin 2020 pour une mise en service prévue en 2030.

⁶⁸ Les dossiers « impact cycle » (IC) réalisés périodiquement par EDF (en lien avec Orano, Framatome et l'ANDRA) à la demande de l'ASN permettent de vérifier la compatibilité entre les évolutions des caractéristiques des combustibles et leur gestion envisagée à moyen terme, en prenant en compte les évolutions des installations du cycle (cf. chapitre IV.I). Le « scénario de référence » est basé sur une production nucléaire de 420 TWh/an avec 24 réacteurs moxés à compter de 2018, un flux de retraitement en conséquence et la relance de la filière URE à partir de 2021. Le « scénario de production basse » est quant à lui basé sur une production nucléaire réduite à 408 TWh/an du fait de l'arrêt de deux centrales moxées à compter de 2019, sans relance de la filière URE.

⁶⁹ Se basant sur les données d'Orano et le dossier « impact cycle » 2016, la DGEC évalue ce taux à 7,4 %.

⁷⁰ L'absence de garantie sur la récupérabilité des combustibles usés entreposés à sec, à des fins de retraitement voire de stockage a également pesé dans la décision d'EDF.

⁷¹ Ces combustibles sont actuellement entreposés à l'APEC (atelier pour l'évacuation du combustible de Creys-Malville), installation conçue pour entreposer les combustibles usés déchargés du cœur du réacteur de Superphénix (INB 91) et ses combustibles neufs.

⁷² Dans son avis sur la cohérence du cycle, l'ASN demande à EDF, en lien avec Orano Cycle, de lui transmettre chaque année un bilan détaillé de la production, du recyclage et de l'entreposage de ces rebuts de fabrication du MOX qui s'accumulent aujourd'hui sans perspective de valorisation à court terme.

⁷³ ASN, *Projet d'avis relatif au dossier d'options de sûreté présenté par EDF pour le projet de piscine d'entreposage centralisé de combustibles usés*. Mai 2019.

Entreposage des combustibles usés : « à sec » ou en piscine ?

Les positions sur le type d'entreposage à retenir pour les combustibles usés ont évolué au cours des dernières années. Un rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) sur l'aval du cycle nucléaire publié en 1999, souligne que « la saturation des emplacements réservés à EDF [dans les piscines de La Hague] n'interviendrait qu'en 2018. Des solutions de stockage à sec seront alors vraisemblablement disponibles ». Plus récemment, les concepts d'entreposage à sec ou en piscine ont été analysés, d'un point de vue technique et de sûreté, par l'IRSN, dans un rapport⁷⁴ établi pour la commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires créée par l'Assemblée nationale en 2018.

Cette commission d'enquête parlementaire a, dans son rapport⁷⁵, proposé d'« envisager, chaque fois que possible, le refroidissement à sec des combustibles usagés ». Elle a également proposé qu'une étude prenant en considération la possibilité de désengorger les piscines de La Hague par l'entreposage à sec des combustibles usagés conventionnels – ainsi que des MOX les plus anciens –, soit réalisée avant la prise de décision définitive sur le projet de piscine d'entreposage centralisée.

Les délais de mise en service d'un premier entreposage à sec pourraient toutefois être de l'ordre de dix ans minimum et s'approcher des délais de mise en service d'un entreposage sous eau, compte-tenu des durées de réalisation des études techniques et d'instruction par les autorités de sûreté, alors que la France dispose de peu de retour d'expérience sur ce concept.

Les problématiques relatives aux entreposages des combustibles usés concernent également le CEA, qui doit notamment gérer les combustibles irradiés issus des réacteurs de recherche et de la propulsion navale.

C - Les projections de coûts d'entreposage et de stockage

Il n'existe pas aujourd'hui de vision consolidée des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation actuels et prévisionnels de l'ensemble des installations d'entreposage et de stockage de matières et déchets. La Cour s'est livrée à cette évaluation en s'appuyant sur la

⁷⁴ IRSN. *Rapport n° 2018-00003 « Entreposage du combustible nucléaire usé : concepts et enjeux de sûreté »*. Juin 2018.

⁷⁵ Rapport n° 1122 de l'Assemblée Nationale fait au nom de la commission d'enquête sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires. Juillet 2018.

compilation des prévisions de coûts d'exploitation et d'investissement pour les installations d'entreposage et de stockage des différents exploitants, hors Cigéo et hors les éventuels stockages de déchets FA-VL qui pourraient être mis en œuvre suite aux études en cours.

Les coûts d'exploitation sont résumés dans le tableau ci-dessous ; les coûts détaillés par exploitant et par types de matières et déchets ainsi que les hypothèses retenues sont précisés en annexe n° 8-§A.

Tableau n° 4 : coûts d'exploitation annuels constatés et prévisionnels des principaux sites de stockage (hors Cigéo et stockage FA-VL) et d'entreposage

En M€₂₀₁₇ (hypothèse d'inflation 1,5 % y compris sur le constaté)	2013-2017 Constatés	2020 Prévision	2030 Prévision	2040 Prévision	2050 Prévision
Centres de stockage des déchets	54,3	57,6	55,1	64,0	50,9
Sites d'entreposage des déchets	15,5	26,9	37,0	46,7	58,8
Sites d'entreposage des matières	67,7	77,1	136,7	132,1	154,8
Total	137,7	161,7	228,9	242,8	264,6

Source : Cour des comptes d'après données des exploitants des principaux centres d'entreposage et de stockage

Les coûts moyens d'exploitation des installations de stockage et d'entreposage des matières et des déchets se sont élevés à environ 138 M€₂₀₁₇ par an entre 2013 et 2017. Les postes les plus importants concernent les centres de stockage définitifs des déchets TFA et FMA-VC gérés par l'ANDRA (environ 55 M€₂₀₁₇ annuels hors travaux) ainsi que les piscines d'entreposage des matières qui constituent les combustibles usés (environ 55 M€₂₀₁₇ par an). Ces coûts sont amenés à augmenter au cours des prochaines décennies.

Le projet de piscine centralisée d'EDF représente le principal investissement à réaliser par l'entreprise sur les entreposages et stockages de matières et de déchets, au cours des prochaines décennies (hors Cigéo et hors stockage FA-VL). De son côté, Orano n'a pas fourni d'hypothèses d'investissements pour la période 2030-2050 pour les entreposages destinés aux déchets compactés et vitrifiés. Une hypothèse de maintien des niveaux annuels moyens d'investissements de la période 2018-2030 sur les périodes suivantes a donc été retenue. L'ensemble des investissements est présenté dans le tableau ci-après.

**Tableau n° 5 : investissements cumulés constatés et prévisionnels
sur les principaux sites de stockage et d'entreposage
(hors Cigéo et hors stockage FA-VL)**

En M€ constants 2017 (hypothèse d'inflation 1,5 % y compris sur le constaté)	Entre 2014 et 2017 Constatés	Entre 2018 et 2030 Prévisionnels	Entre 2030 et 2040 Prévisionnels	Entre 2040 et 2050 Prévisionnels
Centres de stockage des déchets	52,5	83,4	63,0	38,6
Sites d'entreposage des déchets	201,1	519,8	357,8	431,7
Sites d'entreposage des matières	1,4	756,1	567,5	Non significatif
Total des investissements cumulés sur la période	255,1	1 359,4	988,3	470,3

Source : Cour des comptes d'après données des exploitants de centres d'entreposage et de stockage

Ces projections de coûts mettent en exergue le poids prépondérant de l'entreposage en piscine des combustibles usés, en termes d'investissements et de coûts d'exploitation, dans l'ensemble des coûts d'entreposage et de stockage des matières et déchets hors Cigéo, du fait plus particulièrement de la mise en œuvre du projet de piscine d'entreposage centralisé d'EDF⁷⁶.

Les décisions relatives à la trajectoire de production électronucléaire et à la quantité de combustibles usés traités influenceront significativement ces projections d'investissement. Ces projections doivent ainsi être considérées comme un premier exercice de consolidation des coûts sur le sujet. Elles mériteront d'être affinées et réactualisées régulièrement à partir des évolutions d'hypothèses des scénarios de politique énergétique.

⁷⁶ Ce projet est notamment justifié par les exploitants nucléaires par le fait que « les hypothèses de recyclage prises en compte [...] correspondent à une réduction significative du flux de traitement ».

II - Les enjeux relatifs aux déchets anciens

La dégradation de leurs conditions d'entreposage et le renforcement des exigences de sûreté conduisent aujourd'hui à reprendre et conditionner des déchets (RCD) dont certains datent de plus de 50 ans.

Les déchets concernés n'ont pas été conditionnés « en ligne » lors de leur production ou leur conditionnement ne répond plus aux exigences de sûreté actuelles. Le conditionnement désigne l'ensemble des opérations consistant à mettre les déchets radioactifs sous une forme convenant à leur transport, leur entreposage ou leur stockage. Ces opérations peuvent comprendre notamment l'enrobage, la vitrification, la cimentation, le bitumage et la mise en conteneur.

Ce sont des opérations complexes, ce qui explique la dérive des coûts et du calendrier de la RCD. Leur coût pèse essentiellement sur le CEA à la suite des « accords de *swap* » intervenus entre 2004 et 2006.

A - Des opérations complexes dont les coûts et le calendrier dérivent

Les trois exploitants (EDF, Orano et le CEA) sont concernés par des opérations de reprise et conditionnement des déchets et de ce fait soumis à l'article L. 542-1-3 du code de l'environnement⁷⁷, qui précise que les propriétaires des déchets MA-VL produits avant 2015 doivent les conditionner au plus tard en 2030.

Dans le périmètre d'Orano, les principales opérations de RCD concernent l'usine de traitement des combustibles irradiés UP2-400 à La Hague. La majeure partie des déchets produits par l'usine a été entreposée en vrac sans conditionnement définitif. Les opérations de reprise de ces déchets, techniquement délicates, nécessitent des moyens importants. Dans son rapport annuel 2016, l'ASN précise qu'elle suit particulièrement ces opérations « en raison des forts enjeux de sûreté et de radioprotection qui y sont associés ». L'ASN déplore dans ce rapport une dérive continue du calendrier des opérations de RCD, alors que les bâtiments d'entreposage ne répondent plus, avec le temps, à des standards de sûreté acceptables. L'ASN a défini les priorités en termes de sûreté fixant des jalons pour ce site. Ces priorités concernent notamment des opérations de reprise et conditionnement de boues qui représentent deux tiers des charges brutes d'Orano, soit 920 M€. En 2018, l'IRSN⁷⁸ a déploré des retards significatifs dans deux projets de reprises de boues par rapport aux engagements pris par Orano.

⁷⁷ Seuls les déchets non conditionnés sont concernés par cette obligation. Ce n'est pas le cas des déchets à reconditionner tels les fûts bitumés.

⁷⁸ Rapport relatif à la stratégie d'Orano pour la gestion de ses déchets et du démantèlement de ses installations.

Les opérations de RCD du CEA sont nombreuses et de natures variées. Dans le périmètre civil, les opérations les plus importantes concernent un site d'entreposage⁷⁹ à Cadarache de déchets solides radioactifs provenant du fonctionnement ou du démantèlement d'installations nucléaires. Pour la plupart rassemblés en colis, certains déchets ne sont toutefois ni stabilisés ni conditionnés. Le coût total des différents projets de RCD pour ce site s'élève à 1,14 Md€, son avancement financier en 2017 est de 10 %, pour une fin prévue en 2060. Le CEA rencontre des difficultés sur ce site, et des opérations de RCD⁸⁰ ont été suspendues à deux reprises en 2012 et 2013, du fait notamment de la présence d'eaux souterraines faiblement contaminées liée à l'entreposage de déchets historiques dans d'anciennes fosses. Lors d'une inspection le 25 octobre 2012, l'ASN a mis en évidence « des dysfonctionnements en matière de facteurs sociaux, organisationnels et humains, qui sont des éléments essentiels de la sûreté ». Dans son dernier dossier de démantèlement transmis à l'ASN, le CEA a mentionné qu'il ne respecterait pas le jalon réglementaire de 2030 tout en indiquant qu'il ferait le nécessaire pour réduire son retard.

Le coût des opérations relevant du périmètre de la défense est largement supérieur à celui du périmètre civil, à 3,5 Md€ contre 1,6 Md€. Les principales opérations de RCD dans le périmètre de la défense concernent l'usine UP1 d'extraction du plutonium de Marcoule. Le DSND considère qu'il existe des enjeux de sûreté majeurs sur ce site présentant des risques sismiques, abritant notamment d'importantes quantités de déchets magnésiens⁸¹. En 2015, le DSND⁸² s'inquiétait également des risques induits par une dérive de calendrier qui induit le maintien de déchets anciens *in situ*.

Le montant global des charges brutes pour les opérations de RCD des trois exploitants s'élève à 7,8 Md€ au 31 décembre 2017, pour 5,4 Md€ de provisions associées. Le CEA représente deux tiers du total de ces charges et provisions.

⁷⁹ « Parc d'entreposage des déchets radioactifs » (INB n° 56) à Cadarache.

⁸⁰ Concernant des déchets faiblement et moyennement irradiant en vrac, cf. décision n° 2013-DC-0369 de l'ASN.

⁸¹ 559 tonnes de gaines en magnésium issues du retraitement de combustibles usés.

⁸² N° 199 d'octobre 2015 de la revue Contrôle publiée par l'ASN.

**Tableau n° 6 : coûts 2013 - 2017, charges brutes
et provisions pour la RCD (en M€ courants)**

Exploitant	Coûts de 2013 à 2017 (1)	31/12/2016		31/12/2017		Évolution 2016/2017
		Charges brutes (2)	Provisions	Charges brutes (2)	Provisions	Charges brutes
EDF	67	1 052	581	1 203	726	14 %
CEA	593	3 206	2 424	5 119	3 473	60 %
Défense	-	2 722	2 023	3 533	1 173	30 %
Civil	-	484	401	1 586	2 300	228 %
ORANO et filiales	377	1 477	1 231	1 489	1 187	1 %

(1) Dépenses réalisées ; (2) Coûts des opérations à venir

Source : Cour des comptes d'après notes d'actualisation des exploitants

L'analyse des chroniques de décaissement montre que les charges s'étalent principalement sur les 30 prochaines années.

B - Des contraintes fortes pour le CEA

1 - Une responsabilité héritée d'accords historiques

Pour des raisons historiques, la reprise et le conditionnement des déchets anciens donne lieu à des situations intriquées entre les trois exploitants notamment sur les sites de Marcoule, La Hague et Pierrelatte, du fait de transferts et d'échanges de responsabilités. De 2004 à 2006, *via* une série de protocoles, communément appelés « accords de *swap* », les exploitants ont fait évoluer leurs rôles et responsabilités respectifs, avec l'objectif affiché de les rendre plus cohérents pour mener à bien les opérations de démantèlement au sens large.

Sur le site de Marcoule, les trois exploitants étaient réunis en un groupement d'intérêt économique dénommé GIE CODEM⁸³, en charge des opérations de mise à l'arrêt définitif, démantèlement et RCD de l'usine UP1 de retraitement des combustibles irradiés des réacteurs destinés à la défense. En 2002, à des fins de simplification et de rationalisation de leurs responsabilités sur le site de Marcoule, et à la demande des pouvoirs publics, le groupement a été dissous. Pour couvrir financièrement les opérations restant à réaliser, un fonds dédié (fonds « défense ») a été mis

⁸³ Protocole du 22/12/2004 « *Protocole CEA, EDF COGEMA & GIE CODEM-UP1* ». Le GIE était détenu à 45 % par le CEA, 45 % par EDF et 10 % par COGEMA.

en place au sein du CEA. Celui-ci a notamment été abondé par le versement de soultes libératoires, versées en 2004 par EDF (1,14 Md€) et COGEMA – devenue Areva en 2006 et Orano en 2018 – (429 M€), les libérant de leurs obligations financières au titre des charges de RCD relatives à leurs déchets anciens. Ils restent cependant propriétaires de ces déchets et gardent à ce titre la charge du transport et du stockage ultime.

Le site de La Hague connaît un historique analogue. En 2004 et 2008 respectivement, le CEA et EDF se libèrent de leurs obligations financières au titre de la RCD des déchets anciens dont ils sont propriétaires, contre le paiement d'une soulte libératoire à COGEMA/Areva.

Au titre de ces accords, EDF a pris de son côté la responsabilité de l'ensemble du démantèlement de la centrale de Brennilis.

Aujourd'hui, la situation issue de ces différents protocoles est la suivante : le CEA est en charge des opérations de gestion de long terme du site de Marcoule et Orano des sites de La Hague et Pierrelatte. Sur le site de Pierrelatte, dont Orano est le seul exploitant nucléaire en titre, le CEA assure, pour le compte du ministère de la défense, le financement et la maîtrise d'ouvrage de certains programmes.

Afin d'assurer la couverture des charges de démantèlement et de RCD, le CEA a mis en place deux fonds distincts : l'un, créé en 2001, dédié aux installations civiles, un second, créé en 2004, dédié aux installations intéressant la défense. Diverses sources de financement (dont les soultes libératoires) ont permis de couvrir, jusqu'en 2010, les besoins des deux fonds à hauteur de 4,3 Md€.

Il est alors apparu nécessaire de définir un nouveau modèle de financement des fonds confrontés à un risque d'assèchement. En 2010, une convention-cadre a été signée entre le CEA et l'État par laquelle ce dernier s'est engagé à couvrir le coût du démantèlement des sites civils et militaires et à permettre au CEA de disposer d'un échéancier triennal des dotations prévues⁸⁴, dans le but d'assurer chaque année les décaissements nécessaires. Ainsi, depuis 2011, en fonction des besoins exprimés, l'État attribue aux fonds du CEA une subvention⁸⁵. Établie à 169 M€ en 2011, cette subvention annuelle a depuis été augmentée, pour atteindre un montant de 740 M€ en 2017. Cette subvention ne couvre pas uniquement la RCD mais le démantèlement en général, ce qui conduit à des arbitrages

⁸⁴ Les dotations sont définies par conventions triennales mises à jour annuellement. La convention 2013-2015 a été signée le 13 juin 2013, les conventions 2014-2016 et 2015-2017 l'ont été le 13 août 2014.

⁸⁵ Supportée par le programme 190 – *Recherche dans les domaines de l'énergie, du développement et de l'aménagement durables* de la mission interministérielle – *Recherche et enseignement supérieur*.

difficiles au sein de marges étroites. En 2017, les décaissements effectifs afférents à cette subvention se sont élevés à près de 725 M€, dont 140,3 M€ pour la RCD, 444,5 M€ pour le démantèlement, 103,4 M€ pour la gestion des colis, et 35,5 M€ pour la gestion des combustibles usés.

La convention-cadre entre l'État et le CEA stipule qu'une créance sur l'État est inscrite en couverture totale des fonds dédiés du CEA. **Au 31 décembre 2017, le montant de la créance totale sur l'État s'élève à 11,4 Md€ pour le fonds « défense » et 5,73 Md€ pour le fonds « civil ».** Les révisions de devis, qui doivent être validées formellement par les représentants de l'État au sein des comités de suivi des charges de long terme et par le conseil d'administration du CEA, conduisent à une majoration ou minoration de la créance. Pour les révisions supérieures à 5 % des passifs, un audit externe est exigé.

2 - D'importants surcoûts récents

Des révisions de devis survenues en 2017 ont entraîné l'augmentation des charges brutes de RCD du CEA d'un montant de 2,22 Md€, soit de 60 % en un an. Or, cette augmentation et les éventuels coûts d'un entreposage dont la durée s'allongerait n'impactent ni EDF ni Orano, libérés de leur responsabilité en vertu des accords de *swap*. Les charges et provisions correspondant à ces opérations n'apparaissent donc plus dans leurs comptes. Pourtant EDF est, par exemple, propriétaire d'une quote-part de l'ordre de 45 % (et Orano de 15 %) des déchets « bitumineux », dont la RCD a subi une augmentation de coût de l'ordre de 12 % pour atteindre 1,63 Md€ en valeur brute. D'autres programmes de RCD traités par le CEA connaissent la même problématique.

Les dérives de coûts et de calendrier des opérations de RCD à la charge du CEA amènent à conclure que ces accords libératoires signés entre les exploitants pour le site de Marcoule sont très probablement défavorables au CEA. L'État, subventionnant la totalité de ces opérations, prend donc aujourd'hui à sa charge exclusive tous les surcoûts de traitement de déchets anciens hérités d'EDF et d'Areva. Cette situation contrevient au principe du « pollueur-payeur »⁸⁶ qui dispose que « les frais résultant des mesures de prévention, de réduction de la pollution et de lutte contre celle-ci sont supportés par le pollueur ».

En tout état de cause, le principe de soultes libératoires concernant des opérations présentant des incertitudes fortes sur des horizons de temps de l'ordre du siècle n'apparaît pas, *a posteriori*, protecteur des intérêts de l'État. Dans les différents accords signés, aucune clause limitant le risque financier (clause de revoyure ou plafond d'engagement) n'a été prévue,

⁸⁶ Article L110-1, II, 3° du code de l'environnement.

alors même que ce type de clause est d'application courante dans des contrats aux enjeux financiers moindres. La dérive des coûts à laquelle fait face aujourd'hui le CEA pour ces opérations rend cette lacune particulièrement critiquable.

3 - Les difficultés de mise en œuvre

Les montants importants de révision de devis ont imposé la conduite d'un audit externe en 2017, selon lequel la subvention de 740 M€ versée annuellement au CEA s'avèrerait contraignante. Le rapport relève également que l'ensemble des projets prioritaires étant mené en parallèle, cette contrainte financière implique un allongement des calendriers. En conséquence, les installations existantes voient leur durée de vie allongée, induisant des surcoûts du fait de la plus grande dégradation des déchets entreposés et du vieillissement des structures et équipements.

La question de l'adéquation des subventions annuelles allouées au CEA par l'État avec le profil des dépenses entraînées par la RCD doit être posée. Celle-ci nécessite souvent des investissements importants en début de projet correspondant à la mise en œuvre de nouvelles installations. Par ailleurs, le périmètre de la RCD s'étend et les difficultés techniques rencontrées sur certains chantiers ainsi que l'inflation entraînent des hausses de coûts. Néanmoins, le CEA doit respecter l'échéance réglementaire de 2030 pour le reconditionnement des déchets MA-VL, ce qui implique une prise en charge rapide de nombreux déchets.

En 2018, un autre audit a été prescrit par la DGEC et la direction générale du Trésor, afin de vérifier le réalisme de la programmation décennale du CEA. Il évaluera également sa cohérence avec le dossier⁸⁷ portant sur la stratégie de démantèlement, remis à leur demande à l'ASN et au DSND qui s'inquiétaient de l'incapacité du CEA à mener de manière concomitante les différentes opérations de démantèlement et de RCD. Les conclusions de cet audit sont attendues pour fin 2019.

La convention triennale 2018-2020 entre l'État et le CEA, qui fixera le montant des subventions pour les prochaines années, n'a toujours pas été négociée à ce jour. Le CEA a établi sa stratégie de priorisation des projets de RCD et de démantèlement, suivant un critère de réduction du terme source mobilisable⁸⁸. Selon le CEA, les projets prioritaires inscrits dans sa programmation décennale représentent 99 % de ce terme source.

⁸⁷ Le CEA a remis un dossier en décembre 2016 portant sur la réorganisation des activités, la stratégie de gestion des déchets et matières ainsi que la stratégie de démantèlement, et, en particulier, les priorisations faites comme demandées par ces autorités.

⁸⁸ Quantité de matière radioactive susceptible d'être impliquée dans un incident.

Cet ordre de priorité récent établi à la demande des autorités de sûreté a pour conséquence de retarder des projets et rend incertaine la perspective d'atteinte de l'échéance législative de 2030 qui concerne une partie de la RCD.

III - Le défi de pilotage et de réalisation du projet Cigéo

A - Un projet hors norme

1 - De la loi « Bataille » à la loi de 2016

Dès le début de la production industrielle d'électricité nucléaire, la question du stockage des déchets les plus radioactifs a animé la communauté scientifique internationale. Au cours des années 1960 et 1970, le stockage géologique continental s'est imposé, au sein de cette communauté, comme la solution de référence pour la mise en sécurité définitive des déchets de haute ou moyenne activité à vie longue. Ce point fait toujours consensus aujourd'hui.

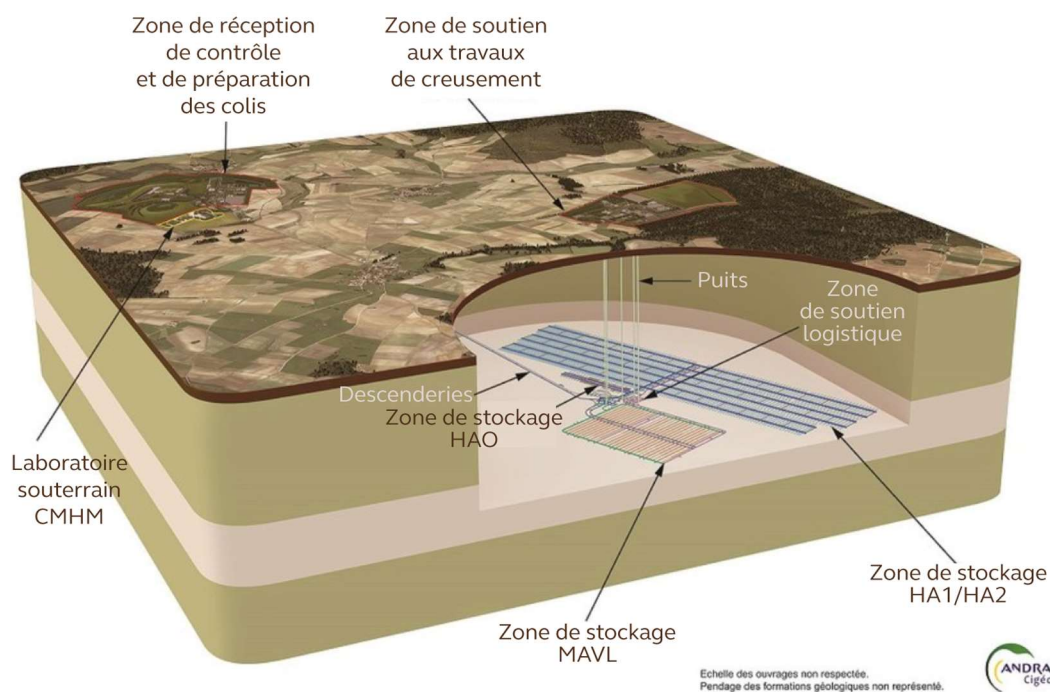
En France, à la fin des années 80, des campagnes de prospection ont été menées dans plusieurs départements, afin d'étudier les formations géologiques *a priori* les plus favorables pour tester la faisabilité du stockage des déchets. En 1990, devant l'ampleur des contestations locales, le Gouvernement a décidé un moratoire sur ces campagnes de prospection. Le vote de la loi relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs, dite « loi Bataille⁸⁹ » est intervenu en 1991.

En 1998, à l'issue d'une campagne de reconnaissance géologique lancée sur plusieurs sites, celui de Bure, dans la Meuse, a été choisi pour la construction d'un laboratoire souterrain destiné à étudier la faisabilité d'un stockage profond des déchets de haute et de moyenne activité à vie longue, à 500 mètres de profondeur. Le stockage de ces déchets doit être effectué dans une couche d'argilite de 130 mètres de hauteur, réputée stable depuis 160 millions d'années. Le projet français de centre de stockage profond de déchets radioactifs est dénommé Cigéo (pour Centre industriel de stockage géologique). Son exploitation est prévue sur une durée de plus de 120 ans. Les galeries souterraines, dont la longueur totale atteindrait 270 km, sont conçues pour conserver des déchets radioactifs pendant plusieurs centaines de milliers d'années.

⁸⁹ La loi n° 91-1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactif. Elle porte le nom de Christian Bataille, député porteur du projet de loi et auteur, en 1990, d'un rapport dont la loi est largement inspirée.

Le choix d'un stockage géologique profond pour ce type de déchets a été arrêté en France en 2006, après un avis de l'Autorité de sûreté nucléaire qui précisait que « le stockage en formation géologique profonde est une solution de gestion définitive qui apparaît incontournable⁹⁰ », et un débat public. Cette solution a vu ses modalités précisées par le législateur en 2016⁹¹.

Schéma n° 6 : représentation du site de Cigéo



Source : ANDRA

⁹⁰ Avis de l'ASN sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HA-VL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991 et liens avec le PNGDR-MV, 1^{er} février 2006.

⁹¹ Loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue.

Deux autres options que celle du stockage géologique ont été écartées après la conduite d'études. D'une part, la transmutation, qui consiste à agir sur les déchets pour éliminer leurs radioéléments les plus nocifs ou à réduire leur durée de toxicité, n'a pas été retenue, après des études conduites principalement entre 2006 et 2016. Dans un avis de février 2016, l'autorité de sûreté nucléaire estime que « bien que la faisabilité scientifique de la séparation et de la transmutation ait été démontrée (...) la faisabilité technologique de la séparation et de la transmutation n'est pas acquise à ce jour⁹² ». Elle ajoute que « même en cas de mise en œuvre d'une telle solution, l'élimination des déchets radioactifs de haute activité à vie longue ne sera pas totale ». D'autre part, l'option de l'entreposage de long terme, de surface, ou en faible profondeur (sub-surface), des déchets les plus dangereux, dans l'attente du développement de solutions alternatives de gestion définitive, a été écartée par la loi de 2006. Sur ce point, dans le même avis de février 2016, l'ASN considère que l'entreposage « ne peut pas constituer une solution définitive pour les déchets de haute activité à vie longue (...) car il suppose le maintien d'un contrôle de la part de la société et leur reprise par les générations futures, ce qui semble difficile à garantir sur des périodes de plusieurs centaines d'années ».

Le choix d'un stockage géologique profond des déchets n'est pas spécifique à la France. De nombreux pays s'orientent vers des solutions de même nature⁹³. En Chine, le choix d'un site est en cours pour accueillir des déchets à 700 mètres de profondeur. En Russie, une loi adoptée en 2011 a défini les étapes de création d'un centre de stockage pour les déchets de haute activité incluant une phase de recherche dans un laboratoire, analogue au projet Cigéo. Une décision concernant la création du stockage est attendue d'ici 2025 et l'installation pourrait être opérationnelle à partir de 2035. Au Japon, une cartographie des sites susceptibles d'accueillir des déchets à 300 mètres de profondeur a été publiée en 2017, mais le choix du site n'a pas encore été effectué. Au Royaume-Uni, un « Livre blanc » paru en 2008 a confirmé le bien-fondé scientifique du stockage géologique profond, mais la recherche du site est encore en cours. En Inde, la solution privilégiée est celle du stockage géologique dans des roches granitiques, pour lesquelles le pays dispose d'un retour d'expérience. La Suède et la Finlande sont également avancées dans les travaux de stockage géologique

⁹² Avis de l'ASN sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HA-VL), menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991 et liens avec le PNGDR-MV, 1^{er} février 2006.

⁹³ Une expertise est engagée dans le cadre du débat public sur le PNGMDR 2019-2021 sur l'état des lieux à l'international du stockage géologique profond des déchets radioactifs.

profond de leurs déchets de haute activité. Ces choix s'inscrivent dans la suite d'une évaluation réalisée par l'Agence pour l'énergie atomique de l'OCDE en 1999 qui précisait que « de toutes les options envisagées, l'évacuation en formation géologique profonde est le mode de gestion à long terme le plus approprié pour les déchets radioactifs à vie longue ». Une directive européenne de 2011 note, dans le même sens, qu'« il est communément admis que, sur le plan technique, le stockage en couche géologique profonde constitue, actuellement, la solution la plus sûre et durable en tant qu'étape finale de la gestion des déchets de haute activité et du combustible considéré comme déchet⁹⁴ ».

Aucune installation comparable à celle de Cigéo n'a encore été mise en service dans le monde. Des centres de stockage de déchets radioactifs de moindre toxicité, en fonction depuis plusieurs dizaines d'années, ont connu des difficultés. Le stockage des déchets radioactifs de faible et moyenne activité, en Allemagne, dans la mine de sel située à Asse en Basse-Saxe a rencontré des problèmes d'entrées d'eau, de dégagement d'hydrogène gazeux, de déformation mécanique du site, et de risques d'éclatement de gaz radioactifs sous haute pression. Aux États-Unis, le site de *Waste Isolation Pilot Plant* (WIPP) au Nouveau-Mexique, qui accueille à 660 mètres de profondeur des déchets issus d'activités nucléaires de défense, a connu un incendie et un relâchement de matières radioactives. Bien que ces centres soient, par leur conception, difficilement comparables à celui de Bure, les difficultés qu'ils rencontrent justifient un haut niveau de vigilance dans la conduite du projet Cigéo.

Le projet Cigéo comporte, par ailleurs, une exigence supplémentaire, celle de la réversibilité du stockage des déchets. Cette exigence est posée à l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, qui définit le stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs comme étant « le stockage de déchets radioactifs dans une installation souterraine spécialement aménagée à cet effet, dans le respect du principe de réversibilité ». Le principe de la réversibilité ne renvoie pas à l'*intention* de retirer ultérieurement ces déchets, le stockage étant conçu comme définitif, mais à la *possibilité* de le faire. La réversibilité du stockage des déchets radioactifs correspond à la faculté de récupérer des colis de déchets déjà stockés et, plus globalement, à l'ensemble des moyens mis en œuvre pour ne pas « enfermer » les générations futures dans des choix actuels, grâce notamment à la progressivité de la construction et à la flexibilité d'exploitation de Cigéo. La mise en pratique de ce principe s'appuie sur des

⁹⁴ Directive 2011/70/EURATOM du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs.

outils de gouvernance (amélioration continue des connaissances, évaluation et supervision du Parlement, contrôle par l'ASN notamment) et des outils techniques de conduite du projet (développement incrémental et progressivité de la construction, adaptabilité des installations, récupérabilité notamment). La loi du 28 juin 2006 a fait du respect de ce principe une condition d'autorisation de création de Cigéo⁹⁵. La réversibilité doit être garantie pendant toute la durée d'exploitation du centre, mais la sûreté du stockage implique que Cigéo soit fermé *in fine*, à l'issue de la phase d'exploitation, cette décision devant être prise, par les générations futures, vers 2150-2160⁹⁶. Ce point est confirmé par l'ASN, dans un avis de mai 2016⁹⁷, dans lequel elle fixe comme condition d'exercice de la réversibilité que la phase de fonctionnement de Cigéo soit limitée, « la sûreté à long terme d'une telle installation imposant sa fermeture ».

2 - Les différentes phases du projet Cigéo

L'ANDRA devrait déposer la demande d'autorisation du projet Cigéo en 2020. Celle-ci sera instruite par l'ASN. Le décret d'autorisation de création pourrait être pris vers 2025. Débuterait alors la construction initiale du centre et, vers 2030, une phase industrielle pilote d'une dizaine d'années (comprenant la construction d'un quartier pilote de taille modeste pour les déchets de haute activité les plus froids et d'un quartier pour les déchets de moyenne activité à vie longue). L'autorisation de mise en service complète interviendrait vers 2040. L'exploitation et la construction du centre seraient progressives et dureraient jusque dans les années 2150-2160, la phase de chargement des déchets de haute activité débutant quant à elle à partir des années 2080.

Cette chronologie (cf. schéma n° 7) confère à Cigéo, pendant plusieurs décennies, une adaptabilité aux évolutions technologiques ou de politique énergétique. De ce fait, toutes les incertitudes identifiées à ce jour n'ont pas d'impact immédiat sur le projet, mais pourront faire l'objet de choix ultérieurs.

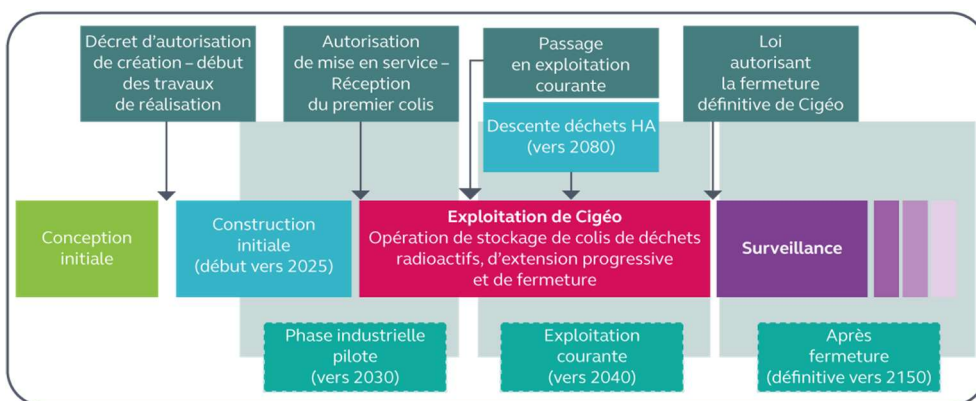
⁹⁵ « (...) l'autorisation de création d'un centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs ne garantissant pas la réversibilité de ce centre (...) ne peut être délivrée. », loi du 28 juin 2006, article 12, codifié article L. 542-10-1 du code de l'environnement.

⁹⁶ « [la réversibilité] inclut la possibilité de récupérer des colis de déchets déjà stockés, selon des modalités et pendant une durée cohérente avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du stockage. » article L. 542-10-1 du code de l'environnement.

⁹⁷ Avis n° 216-AV-0267 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 31 mai 2016 relatif à la réversibilité du stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde.

Selon l'ANDRA, le pilotage du projet et en particulier son séquençage conduisent « à prendre en compte, du point de vue technique, l'ensemble des possibles, sans qu'il soit nécessaire de trancher maintenant des choix techniques qui ne seront réellement figés que dans plusieurs décennies, en intégrant le retour d'expérience du quartier pilote, le progrès technique et les décisions industrielles et politiques qui seront prises sur l'aval du cycle ». Si l'autorisation de mise en service de l'installation pour la phase industrielle pilote est délivrée, cette phase du projet (2030 - 2040) aura précisément pour objet de vérifier la faisabilité technique des options retenues.

Schéma n° 7 : principales phases temporelles de Cigéo



*Note : les étapes sont présentées sous réserve de l'obtention des autorisations nécessaires.
Source : Cour des comptes d'après ANDRA*

B - Un chiffrage à mettre à jour

1 - Un coût fixé à 25 Md€ par arrêté

L'ANDRA a estimé en 2014 le coût de base de Cigéo à 34,5 Md€₂₀₁₂. Les producteurs de déchets ont estimé ce coût à 19,2 Md€₂₀₁₂. Dans la note de synthèse produite à l'attention de la ministre chargée de l'énergie, l'ANDRA avait proposé une évaluation comprise entre 20 et 30 Md€⁹⁸, la ministre fixant le coût à 25 Md€, par arrêté du

⁹⁸ Le passage de l'estimation de 34,5 Md€ à celle de 30 Md€ comprend 4,5 Md€₂₀₁₂ correspondant à des « opportunités » identifiées par l'ANDRA postérieurement à son chiffrage de 2014, compte tenu de l'avancée du projet.

15 janvier 2016⁹⁹. Si l'arrêté fixe, dans son article 1^{er}, le coût de la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue à 25 Md€₂₀₁₂ sur la période 2016-2156, il précise, dès l'article suivant, que ce coût est « mis à jour régulièrement », intégrant l'effet d'incertitude inhérent à une évaluation sur une période si longue. Il importe en effet que cette estimation soit actualisée régulièrement, aux étapes clés du projet (autorisation de création, phase industrielle pilote, réexamens de sûreté).

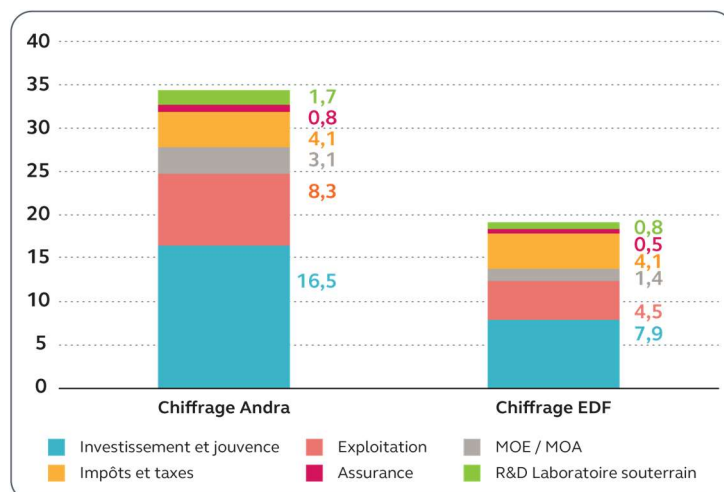
Ce montant fait suite à plusieurs estimations antérieures (dont celle de 2005, comprise entre 13,5 et 16,5 Md€₂₀₀₂) et à des échanges approfondis entre l'ANDRA, les exploitants et la DGEC, sur la base de travaux documentés¹⁰⁰. Les estimations de l'ANDRA, d'une part, et des exploitants, d'autre part, reposaient sur des concepts techniques en partie différents (longueur des alvéoles de stockage, architecture des galeries souterraines, etc.) mais, surtout, sur des approches radicalement différentes de la méthode de chiffrage. Alors que l'ANDRA a considéré qu'il ne lui était pas demandé, en 2014, de donner un coût objectif mais plutôt les éléments constitutifs d'un chiffrage prudent, intégrant les « opportunités¹⁰¹ » les plus probables, les producteurs ont identifié et intégré au chiffrage l'ensemble des « opportunités » possibles. Pour l'ANDRA, ces dernières devaient être traitées de manière distincte et quantifiées après études complémentaires, les producteurs considérant, pour leur part, que le chiffrage de 34,5 Md€ avait été l'objet de choix trop prudents.

⁹⁹ Arrêté du 15 janvier 2016 relatif au coût afférent à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

¹⁰⁰ Le cabinet PwC, chargé d'examiner la méthodologie de chiffrage adoptée par l'ANDRA a considéré que « la structure du chiffrage établie par l'ANDRA respecte les bonnes pratiques d'un chiffrage d'esquisse pour un projet industriel ».

¹⁰¹ Une opportunité peut être définie comme « toute occasion favorable qui peut aboutir à l'amélioration des résultats ou des performances du système » (norme ISO 9001, version 2015).

Graphique n° 2 : chiffrages ANDRA (octobre 2014) et EDF (2015) en Md€



Note : montants présentés hors risques et opportunités, aléas et incertitudes.

Source : EDF (document analyse du chiffrage de Cigéo ANDRA VB du 17/10/2014 et établissement d'un coût objectif de Cigéo, page 69, février 2015).

Dans une décision d'avril 2018¹⁰², le Conseil d'État a jugé que l'estimation à 25 Md€ de l'arrêté ne relevait pas d'une erreur manifeste d'appréciation, considérant que l'évaluation retenue pour la phase industrielle pilote, était fondée sur des analyses convergentes et des estimations « relativement fiables et consensuelles » et que l'évaluation des phases ultérieures serait mise à jour régulièrement. Le juge administratif, dont la décision n'avait pas pour objet de valider le montant, mentionne également que, contrairement à ce que soutenait l'État, l'arrêté de la ministre fait grief puisque ses dispositions « emportent des conséquences sur l'évaluation des charges supportées par les exploitants d'installation nucléaire de base pour la gestion des déchets qu'ils produisent, dont se déduisent les obligations comptables et financières qui en résultent pour eux ».

De fait, si l'évaluation du coût de Cigéo ne constitue ni une autorisation de projet ni une décision relative à son niveau de sûreté, elle emporte des effets immédiats pour les exploitants en terme de calcul des provisions de leurs charges nucléaires de long terme. Selon l'Agence des participations de l'État, « une augmentation de 1 Md€ du devis de Cigéo aurait un impact d'environ 300 M€ sur les provisions et les actifs dédiés d'EDF et d'environ 25 M€ pour Orano ».

¹⁰² Conseil d'État, décision du 11 avril 2018, n° 397627, mentionnée dans les tables du recueil Lebon. Plusieurs associations avaient attaqué l'arrêté, considérant l'estimation trop basse.

Les modalités de financement de Cigéo

Les producteurs financent l'ANDRA en application du principe « pollueur-payeur », soit sous forme contractuelle, pour les sites en exploitation, soit sous forme de taxes et de contributions. Ces taxes et contributions sont versées respectivement sur les fonds « recherche » et « conception » de Cigéo, qui font l'objet d'une comptabilisation distincte au sein du budget de l'Agence, permettant de « sanctuariser » les crédits nécessaires à la gestion du projet Cigéo au stade de la recherche et de la conception.

Une fois la décision d'autorisation de construction de Cigéo prise, le fonds « conception Cigéo » sera remplacé par un fonds dit « de réalisation », destiné au financement de la construction, de l'exploitation, de l'arrêt définitif, de l'entretien et de la surveillance des installations d'entreposage ou de stockage des déchets de haute ou de moyenne activité à vie longue construites ou exploitées par l'agence¹⁰³. Une clé de répartition entre les producteurs a été établie historiquement à 78 % pour EDF, 17 % pour le CEA et 5 % pour Areva, censée traduire le poids respectif des trois opérateurs dans le projet Cigéo¹⁰⁴.

Mais la question du mécanisme de financement de la réalisation du projet n'est pas réglée s'agissant de la répartition entre producteurs, du rythme de stockage des déchets, du choix du véhicule de financement, ou encore de la gouvernance et du pilotage du coût. Début 2019, le modèle de financement pour la construction de Cigéo n'est pas arrêté alors que la demande d'autorisation de construction devrait être déposée en 2020 et que les travaux pourraient débuter en 2025, voire avant, s'agissant de travaux préparatoires. Lors du comité stratégique Cigéo de mars 2018, ce sujet a été identifié comme un axe de travail à court terme.

2 - Le chiffrage d'un seul scénario

Le projet Cigéo repose sur des inventaires de déchets à stocker¹⁰⁵. Les décisions relatives à l'évolution du parc nucléaire, à la durée d'exploitation des réacteurs, ou au retraitement des combustibles usés ont un impact direct sur la quantité de déchets à stocker. C'est pourquoi, afin de prendre en compte les incertitudes inhérentes à ce projet, le code de l'environnement¹⁰⁶ distingue l'inventaire de référence des déchets de Cigéo de l'inventaire de réserve.

¹⁰³ Article L. 542-12-2 du code de l'environnement. Ce fonds pourra rester actif jusqu'au décret autorisant la création de Cigéo.

¹⁰⁴ Cette clé de répartition a été arrêtée dans le cadre de la convention HAVL 99-2006 de 2006, sur la base « des clés calculées après réactualisation de l'inventaire de 1997 ».

¹⁰⁵ Il s'agit de déchets français, la loi interdisant le stockage en France de déchets radioactifs étrangers (article L. 542-2 du code de l'environnement).

¹⁰⁶ Article D. 542-90.

Le centre est conçu pour accueillir les déchets radioactifs classés dans un inventaire de référence, qui « constitue la base de la conception du projet et qui est pris en compte dans la démonstration de sûreté soumise à l'ASN. Les déchets inclus dans cet inventaire ont vocation à être les seuls déchets dont le stockage sera initialement autorisé¹⁰⁷ ». **L'inventaire de référence** comprend tous les déchets de fonctionnement et de démantèlement des installations ayant obtenu leur autorisation de construction au 31 décembre 2010¹⁰⁸, que ces déchets soient produits ou restent à produire. Les hypothèses structurantes retenues sur la base de l'édition 2018 de l'inventaire national¹⁰⁹ (dont celle d'une durée de fonctionnement moyenne des installations de 50 ans) identifient environ 60 000 colis primaires de déchets HA et 170 000 colis primaires de déchets MA-VL, soit respectivement environ 10 000 m³ et 75 000 m³ de colis primaires de déchets, correspondant respectivement à 20 000 m³ et 372 000 m³ de colis stockés¹¹⁰. Fin 2016, sur cette base, plus de 58 % des déchets destinés à Cigéo étaient déjà produits (36 % des déchets HA et 61 % des déchets MA-VL).

En outre, la conception de Cigéo doit lui permettre de s'adapter afin d'accueillir, le cas échéant, les substances figurant dans un **inventaire de réserve**¹¹¹ qui permet de prendre en compte des évolutions de stratégie industrielle ou de politique énergétique, ou des incertitudes, comme le déploiement de nouvelles filières. Il comprend notamment les colis HA et MA-VL correspondant à un allongement de la durée de fonctionnement des réacteurs au-delà de 50 ans en moyenne¹¹² et des déchets de faible activité à vie longue¹¹³.

¹⁰⁷ Éléments du dossier du maître d'ouvrage pour le débat public sur le PNGMDR, cinquième édition, Ministère de la transition écologique et solidaire, ASN. Cet inventaire ne prédétermine pas des déchets qui seront *in fine* stockés dans Cigéo puisque l'inventaire autorisé au moment de la mise en service du centre de stockage sera fixé par le dossier d'autorisation de création, puis donnera lieu à des autorisations successives de prise en charge.

¹⁰⁸ Cigéo ne règle donc pas, *a priori*, la question du stockage des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue qui seront produits par des installations nucléaires dont la construction serait décidée dans le futur.

¹⁰⁹ Scénario SR2 de l'inventaire national : poursuite de la production électronucléaire fondée sur une durée de fonctionnement moyenne de 50 ans des installations, sur le retraitement de la totalité des combustibles usés dans le parc actuel et dans un parc futur, et la non-prise en compte des déchets produits par un futur parc.

¹¹⁰ Selon les données communiquées par l'ANDRA, le rapport de volume entre colis primaires et colis stockés est de 1 à 2 pour les déchets de haute activité et de 1 à 4,96 pour les déchets de moyenne activité à vie longue.

¹¹¹ Le cadrage du PNGMDR 2016-2018 prévoit notamment que les études d'adaptabilité de Cigéo doivent comprendre la démonstration que la conception retenue préserve la possibilité technique de l'accueil des déchets de l'inventaire de réserve.

¹¹² Pour une durée de fonctionnement moyenne de 60 ans, les volumes supplémentaires sont estimés à près de 4 000 m³ de colis stockés HA et plus de 9 900 m³ de colis MA-VL stockés.

¹¹³ Colis de boues bitumées, déchets résultant du retraitement des combustibles des anciens réacteurs uranium naturel-graphite-gaz à La Hague, chemises en graphite.

Par ailleurs, au titre du code de l'environnement, les combustibles usés sont compris dans l'inventaire de réserve¹¹⁴. L'ANDRA a actualisé, en 2016, en réponse à une demande du PNGMDR¹¹⁵, l'évaluation qu'elle avait produite en 2005¹¹⁶ de la faisabilité du stockage direct de ces combustibles dans l'installation Cigéo. L'étude conclut à la capacité technique du centre de stockage à s'adapter en vue de l'accueil éventuel des combustibles usés, mais n'estime pas le coût de ce stockage. Ce dernier n'est toujours pas chiffré alors que le PNGMDR 2016-2018 prévoit que l'ANDRA remette au ministre chargé de l'énergie, avant le 30 juin 2018, une évaluation du coût afférant au stockage direct des combustibles usés issus de l'exploitation des réacteurs électronucléaires¹¹⁷. Cette évaluation a été reportée à fin 2019, avec les études d'adaptabilité à produire pour l'échéance de la demande d'autorisation de création. Seule l'hypothèse du stockage des combustibles usés MOX et URE a été estimée¹¹⁸, relativement récemment, à 5,17 Md€ (taxes et impôts compris), qui s'ajouteraient au coût actuellement estimé de Cigéo. Le principal risque financier identifié par l'ANDRA s'agissant du projet Cigéo concerne l'inscription des combustibles usés dans le périmètre de l'inventaire des déchets à stocker. Ce risque, en l'absence de variantes au scénario de référence, n'est pas rendu visible dans le chiffrage du projet, malgré la probabilité non nulle de sa survenance.

Le surcoût potentiel des risques dont la survenance est jugée probable ou fortement probable, hors stockage des combustibles usés, peut être estimé entre 0,3 et 1,7 Md€, y compris après mise en œuvre d'un plan d'actions visant à réduire l'impact de ces risques¹¹⁹. L'ANDRA considère que les estimations des risques qu'elle suit ont, à ce stade, pour seul but de prioriser les actions de gestion des risques et non d'évaluer des provisions en vue

¹¹⁴ « S'ils ne figurent pas dans l'inventaire de référence, les combustibles usés issus de l'exploitation des réacteurs électronucléaires, des réacteurs expérimentaux et de la propulsion nucléaire navale sont intégrés dans l'inventaire de réserve », article D. 542-91, code de l'environnement.

¹¹⁵ Décret n° 2013-1304 du 27 décembre 2013, article 17.

¹¹⁶ ANDRA. *Adaptabilité de Cigéo pour le stockage de combustibles nucléaires usés*. 2016.

¹¹⁷ Arrêté du 23 février 2017 pris en application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs, article 15.

¹¹⁸ Le chiffrage du stockage des UNE usés qui ne seraient pas retraités et seraient stockés directement, n'a pas été réalisé.

¹¹⁹ Notamment, fabrication des voussoirs compressibles, destinés à permettre à l'argile de jouer dans le temps sans détériorer les galeries.

d'un chiffrage. De fait, ces coûts, dont certains résultent de décisions exogènes au projet, n'ont pas tous vocation à être intégrés à ce stade au coût de référence du projet, mais ils doivent être explicités.

De même que la démonstration de sûreté pour le stockage de déchets figurant dans l'inventaire de réserve peut être prévue sans pour autant que l'envoi de ces déchets dans Cigéo ne soit considéré comme la solution de référence, de même l'estimation du coût du projet doit être réalisée au-delà de l'inventaire de référence. Cette disposition est prévue par le code de l'environnement¹²⁰ qui précise que la prochaine évaluation du coût de Cigéo doit être accompagnée de l'évaluation du coût de stockage des déchets de l'inventaire de réserve. Mais cette estimation n'aura d'intérêt que si elle conduit à ce que les incertitudes sur la nature et la quantité des déchets que Cigéo devra finalement accepter, donnent lieu à des calculs de coûts différenciés rendus publics et lisibles. C'est pourquoi l'estimation du coût de Cigéo devrait être réalisée pour chacun des scénarios définis dans l'inventaire national des matières et déchets radioactifs produit par l'ANDRA, qui intègrent des hypothèses en matière de production électronucléaire, de type de réacteurs déployés dans le futur parc, de retraitement des combustibles usés et de requalification de ces combustibles usés et de l'uranium en déchets, à terminaison. Cette estimation, qui serait réalisée avec un degré de précision moindre que la mise à jour du coût de Cigéo en scénario de référence, permettrait d'éclairer les décisions de stratégie de gestion des matières et déchets radioactifs et d'anticiper les évolutions du projet.

3 - Mettre à jour les coûts du scénario de référence selon une méthode à améliorer

Parmi les différents scénarios de l'inventaire national, l'un doit être retenu en scénario de référence pour Cigéo, le coût de ce scénario étant arrêté par le ministre de l'énergie au titre de l'article L. 542-2 du code de l'environnement¹²¹, comme cela fut le cas en 2016.

Il conviendrait, dans la méthode de mise à jour du chiffrage du coût du projet, que soient pris en compte de manière plus réaliste les « **opportunités** », d'une part, et les risques et aléas, d'autre part.

¹²⁰ Article D. 542-94 du code de l'environnement, disposition datant de 2017.

¹²¹ « L'agence [ANDRA] propose au ministre chargé de l'énergie une évaluation des coûts afférents à la mise en œuvre des solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs de haute et de moyenne activité à vie longue selon leur nature. (...) le ministre chargé de l'énergie arrête l'évaluation de ces coûts et la rend publique ».

S'agissant des « opportunités », les travaux conduits depuis le chiffrage arrêté en 2016 à hauteur de 25 Md€, ont permis d'identifier des gains estimés par l'ANDRA et les producteurs à environ 200 M€ dans la configuration de référence du projet et autant dans la configuration post déclaration d'autorisation de construction, soit environ 400 M€ sur le coût global de Cigéo en configuration de référence¹²².

Cependant, la méthode adoptée pour le chiffrage arrêté en 2016 a conduit à la prise en compte d'hypothèses volontaristes pour ce qui concerne les coûts de base de génie civil des bâtiments nucléaires, du génie civil des alvéoles destinées au stockage des déchets de haute activité, le coût de démantèlement des bâtiments nucléaires de Cigéo (à réaliser lors de la fermeture du centre), le coût de l'énergie, les coûts de maintenance, ainsi que pour les taux de maîtrise d'ouvrage ANDRA et de maîtrise d'œuvre¹²³. Dans son avis relatif à l'évaluation des coûts afférents au projet Cigéo de février 2015¹²⁴, l'ASN indique que « certaines hypothèses retenues par l'ANDRA et ayant un fort impact sur le chiffrage global semblent optimistes » et rappelle « la nécessité du caractère prudent de cette évaluation ». Dans l'annexe de ce même avis, elle qualifie de « très volontariste » la démarche d'intégration dans le chiffrage « d'opportunités » dont elle juge que « la démonstration de la sûreté ou de la compatibilité avec les exigences de réversibilité ne semble pas acquise à ce stade du projet » et qu'elle est en conséquence « contraire au principe de prudence requis par le code de l'environnement pour le calcul des charges nucléaires à long terme ». L'avancement du projet par rapport au chiffrage arrêté en 2016 doit permettre de disposer d'une vision plus juste des « opportunités » dans la méthode de mise à jour à adopter, notamment pour ce qui concerne les coûts d'achat et les coûts des effectifs d'exploitation.

S'agissant de la prise en compte des **risques et aléas**, la méthode retenue pour le chiffrage de 2016 doit être affinée en vue de la prochaine mise à jour du scénario de référence de Cigéo. Le caractère exceptionnel de ce chantier implique une part d'aléas¹²⁵ dans le chiffrage du projet, distincts des incertitudes relatives à l'évolution des prix des matières premières, des matériels et de la main d'œuvre. Des provisions pour aléas de réalisation permettent de prendre en considération des événements identifiables (aléas climatiques, complications administratives, etc.), dont la probabilité ne peut cependant être quantifiée avec précision. Pour le

¹²² Compte-rendu du comité exécutif de Cigéo, 26 septembre 2018, ANDRA.

¹²³ Cf. annexe n° 7.

¹²⁴ Avis n° 2015-AV-0227 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 10 février 2015 relatif à l'évaluation des coûts afférents au projet Cigéo de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde.

¹²⁵ Événements susceptibles de perturber le bon déroulement du chantier ou de la fabrication des équipements auxquels on ne peut attribuer de probabilité d'occurrence et dont les conséquences sont difficilement quantifiables.

chiffrage arrêté en 2016, des aléas de chantier ont été estimés pour les bâtiments de surface conventionnels, le génie civil des ouvrages souterrains et les ensembles transverses à hauteur de 3 à 8 % pour la tranche 1 et de 1 à 5 % pour les tranches ultérieures, soit un montant estimé entre 110 et 440 M€ pour l'ensemble du chantier, correspondant à 0,3 à 1,3 % du coût global de possession (ou encore à 0,5 à 2,2 % des seules dépenses d'investissement). Il ressort de ce chiffrage, d'une part, qu'aucune part d'aléas n'a été retenue pour les autres postes de dépenses (dont les équipements mécaniques et les bâtiments de surface nucléaire) et, d'autre part, que le montant des aléas est faible par rapport au coût global¹²⁶. Il est d'ailleurs notable que le CEA a intégré, de manière prudente, une provision pour aléas de 30 % sur sa quote-part du coût de revient de Cigéo. La méthode de mise à jour du coût du scénario de référence de Cigéo devrait refléter ces aléas de manière plus réaliste.

Par ailleurs, l'ANDRA identifie plus de 120 risques « ouverts » pour le projet Cigéo, à fin septembre 2018, chacun de ces risques pouvant avoir un impact sur le coût (en investissement et/ou en exploitation), le planning et/ou les performances du projet. Les risques dont la criticité est la plus élevée font l'objet de plans d'actions destinés à réduire leurs niveaux de probabilité et de gravité, les autres font l'objet d'une surveillance¹²⁷. Un des principaux risques est celui du non-respect des délais. Les évolutions du code de l'environnement introduites par les ordonnances de 2016 relatives à l'évaluation environnementale et à la participation du public ont complexifié des procédures déjà lourdes. La multiplication des procédures juridiques est d'autant plus probable que le projet fait appel à la fois au droit commun, au droit nucléaire, à la réglementation spécifique aux stockages de déchets radioactifs et aux travaux de recherche en la matière. Selon l'ANDRA l'impact de ce risque serait de deux à quatre ans de retard sur le calendrier initial. En outre, le risque de blocage local du projet Cigéo par des opposants et de montée de l'opposition au niveau national, doit également être considéré¹²⁸.

La méthode de mise à jour des coûts du scénario de référence de Cigéo devrait utilement prendre en compte une part d'aléas intégrant certains de ces risques.

¹²⁶ Pour le chantier du tunnel sous la Manche, cette part s'est élevée à 16 % du coût global initialement estimé. Pour le chantier du Grand Paris Express, elle est de 30 %.

¹²⁷ À titre d'exemple, le risque de non-acceptation ou d'infaisabilité de gestion des déchets bitumés et de la solution de stockage associée, classé « fortement probable » fin 2018, compte-tenu de l'avis de l'ASN sur le sujet, est classé « improbable » après plan d'actions, l'ANDRA considérant que la probabilité qu'aucune solution techniquement ou économiquement réalisable ne pourrait être acceptée par l'ASN est faible.

¹²⁸ Afin de maîtriser ce risque, l'ANDRA conduit des actions d'information en direction du grand public. Leur coût est évalué à 1,2 M€/an, dont 0,5 M€ pour le seul espace pédagogique du centre de l'ANDRA en Meuse et Haute-Marne, qui reçoit près de 10 000 visiteurs/an.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'inventaire national des matières et déchets radioactifs constitue une base de données régulièrement actualisée qui rend compte des quantités de substances radioactives présentes sur le territoire national. En rapprochant les capacités d'entreposage et de stockage et les quantités actuelles et prospectives de matières et déchets, cette base de données pourrait être mieux valorisée et contribuer à une meilleure anticipation des tensions sur la gestion des flux de substances radioactives. Il est en effet nécessaire de prévenir les risques de saturation qui peuvent apparaître sur certaines installations de stockage de déchets. Par ailleurs, les coûts d'exploitation et d'investissement sur les sites d'entreposage et de stockage (hors Cigéo) vont croître au cours des prochaines décennies. Entre les montants actuels et ceux projetés en 2050, les coûts d'exploitation croîtraient de plus de 90 %. Les investissements cumulés sur les principaux sites de stockage (hors stockage géologique profond) et d'entreposage, qui ont représenté 255 M€₂₀₁₇ entre 2014 et 2017, pourraient s'élever à près de 1,4 Md€₂₀₁₇ entre 2018 et 2030, et augmenter encore de près d'un milliard d'euros supplémentaire entre 2030 et 2050.

La dégradation de leurs conditions d'entreposage et le renforcement des exigences de sûreté conduit aujourd'hui à reprendre et conditionner des déchets anciens dont certains datent de plus de cinquante ans. Ces opérations sont complexes et leurs coûts et leurs calendriers dérivent. Le montant des charges à venir pour ces opérations de reprise et conditionnement des déchets anciens s'élève à 7,8 Md€ au 31 décembre 2017 pour les trois exploitants. Ces charges incombent au CEA pour deux tiers du montant total. Cette situation s'explique par les accords passés de répartition des responsabilités entre les exploitants nucléaires. Le CEA (donc l'État) supporte aujourd'hui des surcoûts importants sur ces opérations, qui n'avaient pas été envisagés au moment des accords de transfert. Cette situation l'a conduit à établir une stratégie de priorisation des projets, qui doit être validée et reflétée dans la programmation budgétaire associée du CEA. L'échéance de reprise et conditionnement des déchets MA-VL antérieurs à 2015, fixée par la loi à 2030, n'apparaît pas, en l'état, pouvoir être respectée.

À partir des différentes évaluations réalisées par les exploitants nucléaires (principalement EDF) à 19,2 Md€₂₀₁₂ et l'ANDRA à 34,5 Md€₂₀₁₂ (révisée par la suite à 30,0 Md€₂₀₁₂), un arrêté du ministre de l'énergie a fixé en 2016 le coût du projet Cigéo, solution de référence pour stocker les déchets de moyenne et haute activité à vie longue, à 25 Md€₂₀₁₂. Ce coût n'a été chiffré que pour un seul scénario de référence. Afin d'éclairer les décisions de stratégie de gestion des matières et déchets radioactifs et d'anticiper les évolutions du projet, il convient d'estimer l'impact des quatre scénarios de l'inventaire national des matières et déchets radioactifs sur le coût de Cigéo. Par ailleurs, le coût du scénario de référence de Cigéo doit être mis à jour avant le dépôt de la demande d'autorisation de création du centre. Bien que des incertitudes soient inévitables s'agissant d'un chiffrage projeté sur un siècle et demi, il est souhaitable que la prochaine mise à jour du chiffrage du scénario de référence de Cigéo soit fondée sur une méthode plus réaliste que celle adoptée pour le chiffrage arrêté en 2016, s'agissant de la prise en compte des « opportunités » et des risques et aléas relatifs au chantier.

La Cour formule les recommandations suivantes :

- 1. compléter l'inventaire national des matières et déchets radioactifs par le rapprochement entre les capacités d'entreposage et de stockage et les quantités actuelles et prospectives de matières et déchets (DGEC, ANDRA, 2021) ;*
 - 2. estimer le coût de Cigéo pour chacun des quatre scénarios de l'inventaire national des matières et des déchets radioactifs (DGEC, ANDRA, 2020) ;*
 - 3. mettre à jour les coûts du scénario de référence de Cigéo en prenant en compte de manière plus réaliste les risques et opportunités du projet (DGEC, ANDRA, 2020).*
-

Chapitre III

Affiner le cadre de gestion des matières radioactives

Le système français de gestion des substances radioactives repose sur la responsabilité de leurs producteurs. Cette responsabilité s'exerce notamment dans la classification de ces dernières en matières, valorisables, ou en déchets, non valorisables. Depuis 2016, l'autorité administrative peut procéder à une requalification des matières en déchets si les perspectives de valorisation de ces matières ne sont pas suffisamment établies. Compte-tenu de la durée très longue des engagements nucléaires, le législateur a mis en place une déclinaison comptable et financière de cette classification, visant à la fois à évaluer les dépenses futures (charges de gestion des substances radioactives) et à garantir la capacité des exploitants à les honorer. Ces derniers doivent ainsi constituer des provisions comptables pour être en mesure de faire face à ces charges. Certaines de ces provisions sont assorties de la constitution d'actifs dédiés, visant à garantir la capacité des exploitants à honorer les paiements futurs (I).

Cependant le traitement comptable des combustibles MOX et URE usés d'une part, de l'uranium de retraitement d'autre part mettent en évidence les ambiguïtés relatives au statut de matières de ces substances (II).

I - Le cadre juridique de la classification des substances radioactives et la couverture de leurs charges de gestion

L'application du principe « pollueur-payeur » aux matières et déchets radioactifs conduit à prévenir ou à limiter le transfert de la charge de leur gestion aux générations futures, ou à la collectivité. La loi du 28 juin 2006 a ainsi introduit un dispositif de sécurisation du financement des charges nucléaires de long terme qui repose sur la constitution de provisions, mais aussi, pour certaines d'entre elles, d'actifs dédiés à leur couverture. Ces actifs dédiés sont gérés de telle façon que leur vente permette, le moment venu, de financer le coût des opérations. Les obligations des exploitants en la matière varient selon la nature des substances radioactives et notamment le caractère valorisable ou non de ces substances. C'est pourquoi la classification retenue par les producteurs, qui repose sur l'évaluation du caractère valorisable des substances qu'ils détiennent, est déterminante.

A - La classification des substances radioactives

L'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, reprenant une distinction faite par une directive européenne de juillet 2011 relative à la gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs¹²⁹, distingue parmi les substances radioactives, les matières - valorisables - et les déchets - non valorisables -. Il dispose qu'un « combustible nucléaire est regardé comme un combustible usé lorsque, après avoir été irradié dans le cœur d'un réacteur nucléaire, il en est définitivement retiré ». Il précise également qu'une matière radioactive est « une substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement » et qu'un déchet radioactif est « une substance radioactive pour laquelle aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée ou qui a été requalifiée comme telle par l'autorité administrative en application de l'article L. 542-13-2 [du code de l'environnement] ».

¹²⁹ Directive 2011/70/Euratom du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs a été adoptée le 19 juillet 2011 par le Conseil de l'Union européenne.

Il est précisé, à l'alinéa 6 de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, que les déchets radioactifs ultimes sont « des déchets radioactifs qui ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de leur part valorisable ou par réduction de leur caractère polluant ou dangereux ». Sur le plan juridique, la mention « dans les conditions techniques et économiques du moment » fait naître un risque d'interprétations diverses, puisqu'elle laisse entendre que les déchets radioactifs ultimes pourraient être valorisés dans des conditions futures différentes. La notion de déchet radioactif ultime, qui apporte de la confusion au cadre réglementaire de classification des substances radioactives, pourrait être utilement supprimée lors d'une prochaine modification législative.

La loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 prévoit que « les producteurs de combustibles usés et de déchets radioactifs sont responsables de ces substances, sans préjudice de la responsabilité de leurs détenteurs en tant que responsables d'activités nucléaires¹³⁰ ». La classification des substances radioactives, en matières valorisables ou déchets non valorisables, relève de la responsabilité de leurs propriétaires.

B - Charges, provisions et actifs dédiés

Compte tenu de la durée très longue des engagements nucléaires, la loi précitée du 28 juin 2006¹³¹ et ses textes d'application ont mis en place un dispositif permettant d'évaluer les dépenses futures et de garantir la capacité des exploitants à les honorer. L'objectif poursuivi est d'éviter tout report de charges sur les générations futures et la collectivité, d'autant que la plupart des dépenses interviendront au titre d'infrastructures démantelées, dont les produits d'exploitation afférents auront alors disparu, ou de substances improductives.

1 - Le cadre juridique

Pris en application de la loi du 28 juin 2006, le décret n° 2007-243 du 23 février 2007 relatif à la sécurisation du financement des charges nucléaires définit cinq catégories de charges :

- les charges de démantèlement des installations nucléaires de base ;
- les charges de gestion des combustibles usés ;
- les charges de reprise et de conditionnement des déchets anciens ;

¹³⁰ Article 2 codifié à l'article L542-1 du code de l'environnement.

¹³¹ Article 20 codifié aux articles L594-1 et suivants du code de l'environnement.

- les charges de gestion à long terme des colis de déchets radioactifs ;
- les charges de surveillance après fermeture des stockages.

Le décret précise que ces charges font l'objet d'une décomposition en opérations définies conformément à une nomenclature fixée par arrêté des ministres chargés de l'économie et de l'énergie. C'est l'objet de l'arrêté du 21 mars 2007 relatif à la sécurisation du financement des charges nucléaires qui définit les différentes rubriques de charges.

Ces textes fixent également les obligations financières à la charge des exploitants concernant l'évaluation des charges, la constitution de provisions et, dans certains cas, la couverture des provisions par des actifs dédiés.

a) L'évaluation des charges

L'évaluation des différentes charges est un exercice difficile, compte tenu des sommes en jeu, du retour d'expérience relativement limité et des perspectives d'évolution des techniques. La filière nucléaire se caractérise aussi par un horizon temporel exceptionnellement long et imprécis entre la date de construction d'une centrale, celle de son démantèlement et celle du stockage définitif de ses déchets. Ce travail d'évaluation préalable est néanmoins indispensable pour anticiper au mieux les coûts qui devront être supportés au moment du décaissement effectif et ainsi prévenir ou limiter les reports de charges sur les générations futures.

Il appartient aux exploitants d'évaluer l'ensemble des charges futures dont ils seront redevables. L'article L. 594-1 du code de l'environnement dispose que cette évaluation est faite de manière prudente. Le décret du 23 février 2007 précise que la méthode d'évaluation doit notamment être fondée sur une analyse des différentes options raisonnablement envisageables, le choix prudent d'une stratégie de référence, ainsi que la prise en compte des incertitudes techniques, des aléas de réalisation et des retours d'expérience.

b) La constitution de provisions

En application de l'article L 594-2 du code de l'environnement, les exploitants doivent constituer des provisions correspondant à ces charges.

Ces provisions représentent, au passif du bilan, le montant destiné à couvrir le coût futur des opérations de fin de cycle. La constitution des provisions se fait selon les normes comptables en vigueur et sous le contrôle notamment des commissaires aux comptes.

Ces provisions sont calculées par l'application d'un taux d'actualisation aux charges brutes, évaluées selon le principe de prudence mentionné ci-dessus. L'actualisation est l'opération qui permet de ramener la valeur future d'un bien à une valeur actuelle, étant admis qu'un montant dépensé aujourd'hui n'est pas équivalent au même montant dépensé dans le futur. Là encore, il appartient aux exploitants de fixer leur taux d'actualisation même si cette responsabilité est encadrée par des textes réglementaires (cf. *infra*).

c) La couverture des provisions par des actifs dédiés

La loi du 28 juin 2006 a créé une obligation supplémentaire à la charge des exploitants pour garantir que les ressources destinées à faire face aux futures dépenses seront disponibles en volume suffisant et sans retard. Elle impose d'affecter « à titre exclusif à la couverture [des] provisions, les actifs nécessaires ». Ces actifs doivent être constitués à 100 % dès la mise en service des installations.

Ces actifs sont isolés dans les bilans et ne peuvent être utilisés à d'autres fins que l'exécution des obligations de financement des charges futures. Les textes définissent les caractéristiques et les exigences auxquelles ces actifs doivent répondre¹³².

Si toutes les catégories de charges visées par les textes législatifs et réglementaires précités font l'objet de provisions, seules certaines d'entre elles doivent être couvertes par des actifs dédiés. Les provisions « liées au cycle d'exploitation » ne sont pas concernées. L'idée qui sous-tend cette exonération est que certaines charges peuvent s'assimiler à des coûts de production et seront financées par les futurs produits d'exploitation générés par les réacteurs en fonctionnement.

Sur cette base, la quasi-totalité des charges de démantèlement, des charges de reprise et de conditionnement des déchets anciens et des charges de gestion des déchets sont soumises à l'obligation de constitution d'actifs dédiés.

En revanche, les charges de gestion de combustibles usés, dont le traitement comptable est examiné de façon plus détaillée au point 2 ci-après, sont majoritairement exonérées de cette obligation. Au sein de cette catégorie, seules les provisions relatives à des combustibles usés sans perspectives de retraitement dans des installations construites ou en construction (sous-rubrique « autres combustibles usés ») doivent être couvertes par des actifs dédiés.

¹³² Les actifs dédiés doivent notamment présenter un degré de sûreté suffisant et un degré de liquidité cohérent avec les échéances de paiement des opérations de fin de cycle.

Tableau n° 7 : constitution d'actifs dédiés selon la nature des provisions

Nomenclature des charges et provisions	Actifs dédiés à constituer	
	Oui	Non
Charges de démantèlement des installations nucléaires de base (1)	X	
Charges de gestion des combustibles usés (2)		
<i>Dont combustibles usés recyclables (2.1)</i>		X
<i>Dont autres combustibles usés (2.2)</i>	X	
Charges de reprise et de conditionnement des déchets anciens (3)	X	
Charges de gestion à long terme des colis de déchets radioactifs (4)	X	
Charges de surveillance après fermeture des stockage (5)	X	

Source : Cour des comptes d'après l'annexe à l'arrêté du 21 mars 2017

2 - Le traitement comptable des substances radioactives

a) La classification des combustibles usés selon leurs perspectives de réutilisation

Comme indiqué ci-dessus, la nomenclature des charges, telle que fixée par l'arrêté du 21 mars 2007, distingue deux types de combustibles usés : les combustibles usés recyclables dans les installations industrielles construites ou en construction (sous-rubrique 2.1.) et les autres combustibles usés (sous-rubrique 2.2.). La sous-rubrique 2.2. concerne des matières dont la question de la requalification en déchets peut se poser.

À ce jour, la classification dans l'une ou l'autre sous-rubrique se fait en bloc, combustible par combustible, Elle vaut pour tout le stock existant et à venir indépendamment des perspectives de volume recyclable.

L'enjeu financier et comptable de cette classification est important. Les exploitants ne sont pas tenus de constituer des actifs pour la couverture des provisions relevant de la sous-rubrique 2.1., qui représentent 90 % des charges totales de gestion des combustibles usés. La constitution d'actifs dédiés n'est exigée que pour les combustibles usés sans perspective de valorisation dans une installation construite ou en construction (sous-rubrique 2.2.).

**Tableau n° 8 : montant des provisions pour gestion
des combustibles usés**

en M€ courants et au 31 décembre 2017	Provisions
Combustibles usés recyclables (2.1)	10 396
<i>Dont EDF</i>	<i>9 802</i>
<i>Dont CEA</i>	<i>594</i>
Autres combustibles usés (2.2)	1 197
<i>Dont EDF</i>	<i>983</i>
<i>Dont CEA</i>	<i>214</i>
Total	11 593

Source : Cour des comptes d'après données DGEC

Note : seuls EDF et le CEA ont des charges pour gestion de combustibles usés. Ce n'est pas le cas d'Orano.

S'agissant d'EDF, les provisions relevant de la sous-rubrique 2.2. correspondent à l'entreposage des combustibles usés MOX et URE. Cette classification reflète le choix d'un traitement comptable prudent de ces matières

Le traitement comptable des combustibles usés MOX et URE

Les combustibles usés MOX et URE, ainsi que les combustibles usés du réacteur de Superphénix et de la centrale de Brennilis représentent 3 229 tonnes de matières au 31 décembre 2017. EDF considère que ces matières pourraient être valorisées dans un parc de réacteurs de quatrième génération. Le scénario industriel qu'elle défend est donc fondé sur le recyclage futur de ces combustibles.

Néanmoins, dans la mesure où ils ne sont utilisables ni dans une installation construite ni dans une installation à construire (sinon dans un futur lointain et hypothétique), le scénario comptable retenu par prudence par EDF est, à la différence de son scénario industriel, celui d'un entreposage de longue durée suivi d'un stockage direct. Les charges correspondantes ont été évaluées de la manière suivante au 31 décembre 2017 :

- l'entreposage de longue durée relève de la catégorie des combustibles usés (sous-rubrique 2.2.) pour un montant brut évalué à 2 353 M€ et un montant actualisé de 983 M€¹³³ ;

¹³³ Ces sommes couvrent les dépenses de construction et d'exploitation de la future piscine d'entreposage centralisé ainsi que le transport, à partir de 2041 vers ce nouvel équipement.

- le transport vers le lieu de stockage et le stockage relèvent de la catégorie des déchets rubrique 4) pour un montant brut de 7 631 M€ et un montant actualisé de 656 M€.

Jusqu'en 2017, seules les charges qui relevaient de la seconde catégorie étaient couvertes par des actifs dédiés. À la demande de la DGEC, les charges d'entreposage ont été reclassées de la sous-rubrique 2.1. à la sous-rubrique 2.2., entraînant la constitution d'actifs dédiés. Désormais, l'ensemble des provisions (1 639 M€) relatives aux combustibles usés MOX et URE sont couvertes par des actifs dédiés.

S'agissant du CEA, un quart des provisions pour gestion des combustibles usés (214 M€) relève déjà de la sous-rubrique 2.2. Néanmoins, un certain nombre de combustibles usés classés comme recyclables ont des perspectives de retraitement incertaines, du fait de risques importants sur la disponibilité des filières de retraitement, l'acceptation par ces filières de ces combustibles ou la capacité du CEA à financer les retraitements.

L'ASN a donc demandé au CEA de travailler sur plusieurs scénarios pour les combustibles usés ne pouvant être traités dans les installations existantes. Elle préconisait que « le CEA présente une évaluation des charges pour les deux options suivantes : d'une part, le traitement avec stockage des déchets ultimes et, d'autre part, le conditionnement suivi du stockage direct. À partir de cette évaluation détaillée, il conviendra que le CEA présente une évaluation majorante des charges de gestion de ces combustibles »¹³⁴. La mise en œuvre d'un scénario fondé sur le stockage direct des matières actuellement classées en combustibles usés pourrait conduire à leur requalification en déchets. Une telle décision pourrait conduire à un accroissement des obligations financières à la charge du CEA en matière de constitution d'actifs dédiés.

*b) La diversité des traitements comptables
des différentes substances radioactives*

Le traitement comptable des différentes substances radioactives dépend donc de la qualification qui leur est donnée (combustible usé ou déchet) mais également, s'agissant des combustibles usés, de leurs perspectives de valorisation dans des installations construites ou en construction. En effet, seules les matières sans perspectives réelles de valorisation doivent être couvertes par des actifs dédiés.

¹³⁴ Avis n° CODEP-CLG-2017-022588 du président de l'Autorité de sûreté nucléaire du 8 juin 2017 relatif aux rapports remis par les exploitants d'installations nucléaires de base en application des articles L. 594-1 à L. 594-13 du code de l'environnement.

La question de la cohérence entre les scénarios industriels et le traitement comptable des matières est donc essentielle. Or, le traitement comptable qui est retenu ne correspond pas toujours aux perspectives réelles de valorisation. Les exemples de l'URT ainsi que des MOX et URE usés, analysés au II du présent chapitre, montrent la nécessité de clarifier la doctrine de classification des substances radioactives et des modalités de gestion qui s'y attachent.

Tableau n° 9 : récapitulatif du traitement comptable des substances selon les cas

<i>Substance</i>	<i>Matière</i>	<i>Déchet</i>	<i>Combustibles usés cat. 2.1</i>	<i>Combustibles usés cat. 2.2</i>	<i>Provisions (hors stockage)</i>	<i>Actifs dédiés</i>	<i>Provisions stockage</i>	<i>Actifs dédiés</i>
Combustibles usés UNE	X		X		X			
URT	X		X (voir <i>infra</i>)		X			
Combustibles usés du CEA	X		X	X	X	X (1)		
Combustibles usés MOX et URE	X			X	X	X	X	X
Déchets vitrifiés		X			X	X	X	X

(1) Seules les provisions de la catégorie 2.2 sont couvertes par des actifs dédiés

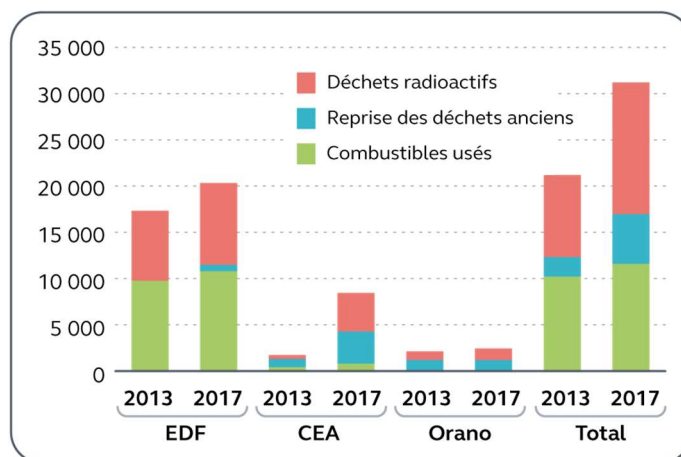
Source : Cour des comptes

3 - Les montants en jeu

a) Des charges en augmentation

L'ensemble des charges brutes (cumulées, non actualisées) futures s'élève à 69 Md€ (hors démantèlement) au 31 décembre 2017. Les provisions calculées à partir des charges brutes, et après application du taux d'actualisation, représentent 31 Md€, soit environ la moitié des provisions pour l'aval du cycle nucléaire, l'autre moitié étant constituée par les provisions pour démantèlement des installations nucléaires. Elles sont réparties par exploitant de la manière suivante.

**Graphique n° 3 : montant des provisions par exploitant
(M€, 2013 et 2017, hors démantèlement)**



Note : les charges de gestion des déchets intègrent, pour EDF, en 2013, les charges de reprise des déchets anciens : ce n'est qu'à partir de 2017 que ces charges ont été individualisées dans les comptes d'EDF.

Source : Cour des comptes d'après données DGEC et exploitants

Les charges et provisions ont augmenté de près de 40 % entre 2013 et 2017, avec des différences importantes selon les exploitants. L'augmentation est particulièrement forte pour la reprise des déchets anciens, avec des évaluations qui ont plus que doublé.

Une partie de ces évolutions résulte de la consommation de combustibles, de la mise en service d'installations nouvelles ou encore des changements de taux d'actualisation.

Elles résultent aussi des modifications du coût des opérations relevant de l'aval du cycle à conduire sur les installations ou les matières nucléaires. Ces modifications sont le reflet de la levée progressive des incertitudes, grâce à une meilleure connaissance du périmètre des charges et des techniques à mobiliser, et aux efforts entrepris pour obtenir des chiffrages plus réalistes. Néanmoins, aussi récentes soient-elles, ces évaluations dépendent des connaissances disponibles, à date. Elles n'emportent pas détermination du coût final.

C'est sur EDF que pèse le montant le plus important de dépenses futures mais sa part relative dans le total des provisions a diminué, passant de 75 % en 2013 à 62 % en 2017. Ce recul relatif s'explique par l'explosion des provisions du CEA qui ont plus que triplé sur la période. Elles représentent 26 % des provisions en 2017 alors que cette proportion n'était que de 11 % en 2013.

Le montant des provisions à couvrir par des actifs dédiés s'élevait en 2017 à 20 790 M€ (hors provisions pour démantèlement) dont la moitié pour EDF.

b) La prise en compte des échéances lointaines

Le montant des provisions varie aussi en fonction de paramètres strictement financiers, indépendamment de l'évolution des volumes de matières à traiter ou du coût des opérations de fin de cycle. La prise en compte de ces paramètres, taux d'inflation prévisionnel de long terme et taux d'actualisation, est directement liée au caractère lointain et incertain des dépenses de l'aval du cycle du combustible.

Les enjeux financiers attachés à ces paramètres sont importants dans la mesure où l'évolution du montant des provisions, ainsi que le volume d'actifs dédiés à la couverture de ces provisions pèsent sur les comptes des exploitants. Les exploitants doivent être en mesure de justifier leurs choix en matière de fixation des taux.

Des hypothèses d'inflation sur le long terme à mieux justifier

Le choix du taux d'inflation de long terme relève de chaque exploitant, dans le respect des règles et normes comptables générales applicables. Les exploitants retiennent au demeurant des taux différents (1,5 % pour EDF et 1,65 % pour le CEA et Orano en 2017), sensiblement inférieurs à l'objectif de long terme d'inflation de la banque centrale européenne (BCE) (2 %).

Le choix des taux retenus fait l'objet de demandes récurrentes d'éclaircissement de la part de l'autorité administrative exercée par la DGEC et la DG Trésor. Dans les dernières lettres dites « de suite » adressées le 21 décembre 2018 aux exploitants, l'autorité administrative souligne notamment que les documents transmis ne permettent pas de s'assurer de l'adéquation entre le taux d'inflation retenu par les exploitants et le taux anticipé d'évolution des différents postes de coûts composant les charges nucléaires.

L'autorité administrative a donc demandé aux exploitants une étude détaillée portant notamment sur la pertinence de leurs méthodes, en comparaison avec des méthodes alternatives, au regard de l'obligation de prudence associée à l'évaluation des charges nucléaires. Ce travail est d'autant plus nécessaire que la sous-estimation éventuelle des hypothèses d'inflation conduirait à constater, au moment du décaissement effectif, un montant plus important et non anticipé des dépenses. Les exploitants doivent mieux justifier que le taux d'inflation de long terme retenu est cohérent avec les trajectoires prévisibles d'évolution des charges.

Un taux d'actualisation à l'encadrement instable

Le choix du taux d'actualisation revêt une grande importance. Plus le taux est élevé, plus le montant des provisions sera faible. La détermination des chroniques de décaissement a aussi un impact fort sur le montant des provisions : plus l'horizon est lointain, plus le montant à provisionner est faible. En sens inverse, la « désactualisation », qui découle du rapprochement des échéances de paiement des charges, a pour effet d'augmenter le montant des provisions.

Dans leurs documents financiers, les exploitants présentent l'impact de différentes hypothèses de taux d'actualisation sur le montant des provisions.

Tableau n° 10 : sensibilité des provisions à la variation des taux d'actualisation

en M€ courants et au 31 décembre 2017	Provisions	Impact sur les provisions au bilan	
		+ 0,2 %	- 0,2 %
EDF	37 633	- 1 427	1 550
CEA	16 090	- 471	501
Orano	7 276	- 280	301

Note : le montant des provisions inclut les provisions pour démantèlement ; les estimations de l'impact d'une variation du taux d'actualisation sont réalisées en prenant pour hypothèse un taux d'inflation inchangé.

Source : données exploitants ; tableau Cour des comptes

À la différence du taux d'inflation, l'autonomie dont disposent les exploitants pour la détermination du taux d'actualisation est encadrée par des dispositions réglementaires spécifiques.

L'article 3 du décret n° 2007-243 du 23 février 2007 précise notamment que le taux retenu doit respecter une double condition : (1) il ne peut être supérieur à un taux réglementaire fixé par arrêté, et (2) il ne peut excéder le taux de rendement des actifs dédiés, tel qu'anticipé avec un haut degré de confiance.

Le taux plafond était fixé initialement à la moyenne arithmétique sur quatre ans des taux d'obligations d'État à 30 ans (TEC 30) majorée de 1 point. Le mode de calcul a d'abord été modifié par l'arrêté du 24 mars 2015 pour passer d'une moyenne sur quatre ans à une moyenne sur dix ans afin de lisser l'impact de la baisse des taux sur les marchés. Il a été modifié récemment par arrêté du 29 décembre 2017. Le nouveau taux plafond s'appuie de nouveau sur la moyenne arithmétique sur quatre ans des taux d'obligations d'État à 30 ans (TEC 30).

Ce nouveau changement dans la période de référence retenue pour la moyenne vise à rapprocher le taux plafond réglementaire des valeurs de marché. Néanmoins, le passage vers ce nouveau mode de calcul se fera progressivement jusqu'en 2026¹³⁵.

Il est vrai que la prise en compte immédiate du nouveau mode de calcul aurait conduit à une baisse significative du taux d'actualisation réglementaire en raison du niveau historiquement bas des taux d'intérêt. Cela aurait pesé de façon importante sur la situation financière des exploitants.

Toutefois, la crédibilité du dispositif repose sur la prévisibilité des règles d'évaluation des provisions. La méthode de détermination du taux d'actualisation doit être stable et ne pas évoluer en fonction de la situation financière des entreprises.

C - L'exercice du contrôle administratif

1 - Le contrôle en matière de classification entre matières et déchets

La classification d'une substance radioactive en matière ou en déchet, décidée à un moment donné, peut évoluer dans le temps, puisqu'elle repose principalement sur l'existence d'un procédé de valorisation opérationnel ou sur celle, envisageable pour l'avenir, d'une filière de valorisation crédible sur le plan technico-économique¹³⁶. De nouvelles technologies peuvent ouvrir la voie à de nouvelles possibilités de valorisation ou, *a contrario*, une évolution du contexte industriel, politique ou technico-économique, peut remettre en cause une réutilisation existante ou envisagée.

¹³⁵ Jusqu'à 2026, le plafond est égal aux moyennes pondérées de 4,3 % (plafond réglementaire constaté au 31 décembre 2016) et de ce nouveau plafond (i.e. moyenne arithmétique sur les 48 derniers mois du TEC 30) constatée au jour de la clôture de l'exercice considéré, majorée de 100 points de base (pb). La pondération affectée au montant de 4,3 % décroît d'une manière linéaire, de 100 % pour la clôture relative à l'année 2016 jusqu'à 0 % pour la clôture relative à l'année 2026.

¹³⁶ Selon le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs pour la période 2016-2018, « l'utilisation des matières radioactives (...) doit être en tout état de cause fondée sur des hypothèses raisonnablement probables » et « le caractère raisonnablement valorisable d'une substance radioactive dépend non seulement de la maîtrise technique de son procédé de valorisation mais également des conditions économiques prévisibles, des conditions socio-politiques de sa mise en œuvre et de l'adéquation entre la quantité détenue, son flux de production et les flux prévisionnels de consommation » (PNGMDR 2016-2018, p. 64).

L'article L. 542-13-2 du code de l'environnement dispose que les propriétaires de matières radioactives « informent les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire des procédés de valorisation qu'ils envisagent ou, s'ils ont déjà fourni ces éléments, des changements envisagés ». L'article D. 542-80 du code de l'environnement prévoit que cette information « est effectuée lors de la mise à jour du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs [et qu'] elle comporte une analyse de l'adéquation entre les perspectives de valorisation et les quantités détenues et à détenir (...) ».

On observe effectivement qu'à l'occasion des plans nationaux de gestion des matières et déchets radioactifs, des études sont demandées aux propriétaires sur les perspectives de valorisation des matières radioactives, afin de vérifier la pertinence de cette classification. Par exemple, une réévaluation du caractère effectivement valorisable des matières radioactives a été demandée au titre du plan portant sur la période 2013-2015¹³⁷. Les éléments produits en réponse par les propriétaires de matières radioactives ont fait l'objet d'un avis rendu en février 2016 par l'Autorité de sûreté nucléaire¹³⁸, dans lequel elle recommande à l'ANDRA d'étudier la faisabilité et les coûts de stockage pour ces substances, afin de s'assurer qu'elles puissent être gérées de manière sûre s'il advenait que le Gouvernement les requalifie en déchets.

En effet, depuis 2016¹³⁹, les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire doivent s'assurer de la pertinence de la classification adoptée par les propriétaires de substances radioactives. L'autorité administrative peut, après avis de l'autorité de sûreté nucléaire, requalifier des matières radioactives en déchets radioactifs si les perspectives de valorisation de ces matières ne sont pas suffisamment établies et annuler cette requalification dans les mêmes formes. Cette disposition récente, prévue à l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement, n'a pas encore été mise en œuvre. À ce jour, le ministre chargé de l'énergie et de la sûreté nucléaire n'a pas arrêté les critères sur lesquels une réévaluation du caractère valorisable des substances radioactives identifiées comme « matières » serait effectuée. Ces critères devraient être précisés, en lien avec les propriétaires des substances, le cas échéant dans un texte

¹³⁷ Cf. décret n° 2013-1304 du 27 décembre 2013 établissant les prescriptions du PNGMDR 2013-2015.

¹³⁸ Avis n° 2016-AV-0256 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 9 février 2016 sur les études relatives à l'évaluation du caractère valorisable des matières radioactives remises en application du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2013-2015, en vue de l'élaboration du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs 2016-2018.

¹³⁹ Ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016.

réglementaire, et *a minima* sous la forme de lignes directrices. Ils pourraient notamment prendre en compte le volume des matières considérées et les échéances de déploiement des technologies susceptibles de les employer.

2 - Le contrôle administratif sur les charges et provisions

Le dispositif français repose sur l'inscription des charges dans les comptes des exploitants. Dans la plupart des pays européens, les fonds dédiés aux opérations de fin de cycle ne sont pas au bilan des exploitants et sont gérés par un organisme tiers.

En contrepartie de la responsabilité qui leur est confiée, les exploitants sont notamment soumis au contrôle *a posteriori* de l'autorité administrative, formée conjointement par les ministres chargés de l'économie et de l'énergie. Ce contrôle est d'autant plus important que les décisions prises par les exploitants pour garantir la couverture des charges futures pèsent lourdement sur leurs comptes de résultat et leurs bilans.

a) Les moyens et la pratique du contrôle administratif

Le champ du contrôle administratif et l'étendue des pouvoirs conférés à l'autorité administrative sont précisés par les articles L. 594-4 et suivants du code de l'environnement et le décret n° 2007-243 du 23 février 2007 relatif à la sécurisation des charges nucléaires.

Les missions de l'autorité administrative sont assurées concrètement par la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) et par la direction générale du Trésor (sous-direction des assurances). D'autres structures, relevant également du ministère de l'économie, peuvent être amenées à se prononcer sur le montant des provisions ou actifs constitués par les exploitants, notamment l'Agence des participations de l'État (APE) qui représente l'État actionnaire. Les objectifs poursuivis par ces différentes entités ne sont pas nécessairement les mêmes et sont parfois sources de tensions, comme l'a relevé la Cour dans son rapport sur l'État actionnaire¹⁴⁰.

¹⁴⁰ Cour des comptes, *Rapport public thématique : L'État actionnaire*. La Documentation française, janvier 2017, disponible sur www.ccomptes.fr.

Les exploitants doivent transmettre tous les trois ans un rapport décrivant l'évaluation des charges, les méthodes appliquées pour le calcul des provisions et les choix retenus en ce qui concerne la composition et la gestion des actifs affectés à la couverture de ces provisions. Une note d'actualisation est transmise chaque année. Le rapport triennal et la note d'actualisation annuelle sont transmis pour avis à l'ASN. Celle-ci, de même que l'Autorité de contrôle prudentiel et de résolution (ACPR), peut être saisie, en tant que de besoin, par l'autorité administrative.

L'autorité administrative peut faire réaliser des études complémentaires par un organisme extérieur ou prescrire à l'exploitant de les faire réaliser. Elle peut prescrire des mesures correctrices en cas d'insuffisance ou inadéquation dans l'évaluation des charges, le calcul des provisions, la composition ou la gestion des actifs affectés à ces provisions. En cas d'inexécution, elle peut ordonner, sous astreinte, la constitution des actifs nécessaires ainsi que toute mesure relative à leur gestion. Elle dispose du pouvoir de prononcer des sanctions pécuniaires.

Dans la pratique, l'autorité administrative intervient essentiellement par le biais de lettres dites « de suite », destinées à faire part aux exploitants de ses observations sur les rapports triennaux et notes d'actualisation. Les dernières lettres de suite produites par l'autorité administrative datent de fin 2018. Les précédentes remontent à fin 2015 et portaient sur les notes d'actualisation transmises en 2014 et relatives à l'exercice 2013. Il n'y a pas eu d'autres lettres de suite entre fin 2015 et fin 2018.

La formalisation par des lettres de suite annuelles n'est certes pas une obligation réglementaire et les échanges entre les exploitants et l'autorité administrative ont lieu sous des formats multiples. Néanmoins, alors que les exploitants sont soumis à une obligation annuelle de mise à jour des informations sur les charges et provisions, l'autorité administrative, dont la compétence n'est pas en cause, n'est pas en mesure de produire des lettres de suite avec la même régularité. Or, la formalisation du contrôle apparaît nécessaire pour assurer la traçabilité des demandes et observations faites aux exploitants.

L'autorité administrative gagnerait également à renforcer sa compétence technique et financière pour contre expertiser les hypothèses des exploitants, produire des analyses consolidées et proposer des scénarios alternatifs à ceux des exploitants.

Elle a, à cet égard, fait récemment l'objet d'une revue par les pairs dans le cadre de la « mission Artemis¹⁴¹ ». La mission porte un regard positif sur le système français de sécurisation des charges futures. Elle invite néanmoins la DGECC à développer sa propre vision d'un système prudent de sécurisation des charges futures, opposable aux exploitants plutôt que de se limiter à analyser leurs choix au cas par cas.

b) L'évaluation du contrôle administratif par la CNEF

L'article 20 de la loi du 28 juin 2006 a créé une Commission nationale d'évaluation du financement des charges de démantèlement des installations nucléaires de base et de gestion des combustibles usés et des déchets radioactifs (CNEF)¹⁴². Composée de parlementaires et d'experts, elle ne contrôle pas directement la manière dont les exploitants sécurisent le financement de ces charges (adéquation des provisions aux charges et gestion des actifs dédiés) mais évalue la manière dont ce contrôle est assuré par l'autorité administrative. Bien que la loi prévoit la publication d'un rapport tous les trois ans, la commission n'a produit à ce jour qu'un seul rapport, en 2012, dont une large partie est consacrée à ses difficultés de fonctionnement.

La carence de cette commission ne permet pas au Parlement de se prononcer sur la sécurisation des dépenses futures des opérations de fin de cycle. Elle prive également l'autorité administrative d'un appui pour développer sa propre doctrine sur le niveau de prudence exigée, comme l'y invitait la mission Artémis.

II - Les ambiguïtés du statut actuel de l'URT et des combustibles MOX et URE usés

L'uranium de retraitement (URT) et les combustibles MOX et URE usés ont le statut de matières. L'analyse comparée des scénarios industriels envisagés par les exploitants pour ces matières et du traitement comptable de celles-ci illustre les limites de la classification de ces substances en matières.

¹⁴¹ La directive 2011/70/Euratom du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs impose, dans son article 14.3, une évaluation internationale par les pairs tous les 10 ans au moins. Le rapport du service d'examen intégré portant sur la gestion, le déclassé et la dépollution des déchets radioactifs et du combustible usé (ARTEMIS) a été réalisé pour la France en janvier 2018.

¹⁴² Les dispositions relatives à la CNEF ont été codifiées aux articles L. 594-10 et suivants du code de l'environnement.

A - La valorisation partielle de l'uranium de retraitement et ses implications

La situation de l'URT montre les limites de la qualification en « matière » ou « déchet » telles que présentées *supra*. La qualification en « matière » est aujourd'hui justifiée par la perspective de valorisation d'une partie du stock d'URT, qui entre ainsi de fait dans le cycle « d'exploitation » au titre des « combustibles usés recyclables » (voir *supra*). Mais cette classification porte sur tout le stock existant et à venir d'URT, ce qui conduit à appliquer à celui-ci un traitement financier et comptable qui n'est justifié par la valorisation industrielle que d'une partie seulement de ce stock.

1 - La décision de relance du recyclage de l'URT

Fin 2017, le stock d'URT d'EDF s'élevait à 20 906 tonnes entreposées¹⁴³. L'article 6 de l'arrêté PNGMDR du 25 février 2017 demande à EDF de remettre « au ministre chargé de l'énergie [...] un document présentant sa stratégie permettant de réduire à moyen terme la croissance des stocks d'uranium de retraitement (URT) détenus puis d'assurer le plafonnement de ces stocks ». Conformément à cette demande, EDF a adressé à la DGEC un courrier, en date du 27 décembre 2017¹⁴⁴, explicitant sa stratégie de gestion de ses stocks d'URT, qui indique son intention de recourir à nouveau au recyclage de l'URT en combustible URE.

Ce recyclage offre plusieurs avantages. Il permet d'augmenter le taux global de recyclage des combustibles, d'économiser les ressources en uranium naturel, de diversifier les approvisionnements d'EDF, de diminuer son exposition à la volatilité des prix de l'uranium et d'identifier un exutoire pour les stocks existants. La conversion et l'enrichissement de l'URT en URE sont toutefois plus contraignants que ceux de l'uranium naturel puisqu'ils nécessitent une protection accrue des travailleurs, une gestion spécifique des déchets et des lignes de production dédiées.

¹⁴³ Alors que le stock national total fin 2016 était de 29 600 tonnes (données IN 2018).

¹⁴⁴ <https://www.asn.fr/Professionnels/Installations-nucleaires/Dechets-radioactifs-et-demantelement/Plan-national-de-gestion-des-matieres-et-dechets-radioactifs/PNGMDR-2016-2018>.

EDF prévoit ainsi de redémarrer le recyclage de l'URT dans les quatre réacteurs de Cruas en 2023-2024 et de charger en URE trois à quatre réacteurs 1 300 MW d'ici 2030, sous réserve de l'autorisation de l'ASN¹⁴⁵. Les contrats porteront sur la période 2023-2032¹⁴⁶. Le choix d'EDF s'est porté, pour la majorité des lots¹⁴⁷ (conversion, enrichissement, transport), sur l'entreprise russe Tenex, dont les pratiques environnementales avaient été sévèrement critiquées avant que soit mis fin au recours au recyclage de l'URT en 2013. Dans le cadre des nouvelles dispositions contractuelles, EDF a renforcé ses exigences environnementales envers Tenex.

La décision qui a été prise au conseil d'administration d'EDF du 14 mai 2018 a été éclairée par des considérations financières prenant en compte le risque de requalification de l'URT, au titre de l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement. En effet, cette requalification obligerait EDF à constituer des provisions pour stockage de l'URT ainsi que des actifs dédiés pour son entreposage et son stockage. Aujourd'hui, EDF ne constitue des provisions que pour l'entreposage de l'URT. Ces provisions sont constituées sur la base d'une projection de durée d'entreposage infinie (ce qui est limité comptablement à 260 ans avec l'effet de l'actualisation), ce qui semble contradictoire avec la notion même d'entreposage, qui n'a pas vocation à constituer une solution définitive de gestion.

2 - Des stocks qui resteront importants dans les prochaines décennies

La reprise du recyclage devrait permettre de stabiliser le stock d'URT puis d'amorcer sa décroissance à partir de 2028/2029, comme illustré par le graphique n° 5 ci-dessous¹⁴⁸. Le stock d'URT s'élèvera encore à plus de 27 000 tonnes en 2033, quel que soit le scénario retenu.

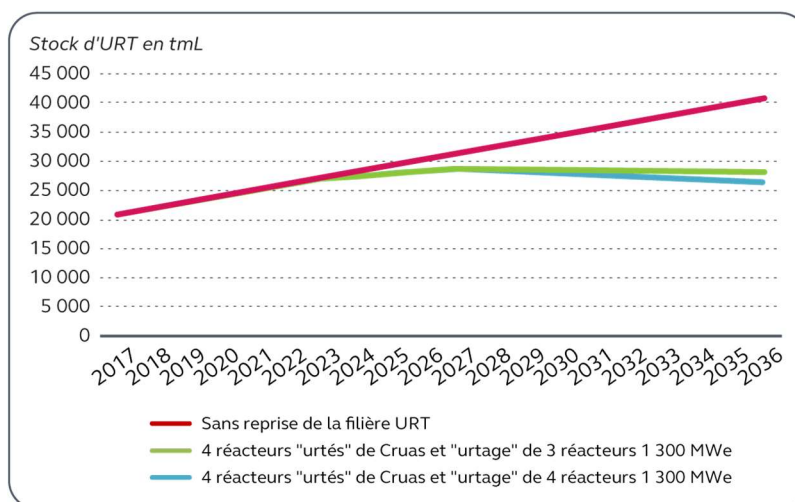
¹⁴⁵ Toutefois, l'IRSN a attiré l'attention d'EDF et d'Orano sur le fait que la mise en œuvre d'une gestion de combustibles URE sur le palier 1 300 MW nécessiterait de conduire des études préalables permettant d'apprécier son impact sur la dilution des solutions de dissolution avec celles des combustibles UNE, afin de confirmer le respect des spécifications actuelles des colis vitrifiés et compactés.

¹⁴⁶ La durée des contrats est motivée par la volonté de maintenir la filière ouverte à de nouveaux entrants après 2033, de respecter les recommandations des autorités de la concurrence de la Commission Européenne, de se garder la possibilité d'augmenter les volumes d'URT recyclés.

¹⁴⁷ Une partie de l'enrichissement sera réalisée par Urenco et la fabrication des assemblages combustibles sera réalisée par Framatome.

¹⁴⁸ Pour consommer les stocks et l'ensemble du flux d'URT d'EDF entre 2040 et 2045, il serait en revanche nécessaire de permettre le recours au combustible URE dans 8 à 9 des 20 réacteurs 1 300 MW ou, en fonction du renouvellement du parc, dans l'équivalent de 6 à 7 réacteurs EPR. Si le recyclage de l'URT ne devait reposer que sur le palier 1 300 MW, il faudrait 12 réacteurs pour résorber le stock d'URT à l'horizon 2050. Cette disparition du stock ne pourrait donc pas intervenir dans un délai court.

Graphique n° 4 : évolution probable du stock d'URT avec la reprise du recyclage



Source : Cour des comptes d'après données EDF

Ainsi, le recyclage d'environ 9 000 tonnes d'URT sur la période 2023-2033 détermine la règle applicable à la constitution des charges, provisions et actifs dédiés de tout le stock d'URT. La question du risque d'avoir à gérer ces quantités comme des déchets doit néanmoins être posée. Comme évoqué supra, les déchets radioactifs ultimes sont des déchets « qui ne peuvent plus être traités dans les conditions techniques et économiques du moment ». Or, la technologie pour recycler l'URT existe. Pourtant EDF n'y a pas recours pour la totalité de son stock, parce que les conditions techniques et économiques du moment ne s'y prêtent pas et ne s'y prêteront peut-être jamais¹⁴⁹.

Dès lors, se pose la question de la requalification de ces « matières » en déchets, puisque le recyclage pourrait *in fine* ne jamais être réalisé pour une part du stock d'URT. L'ASN a déjà envisagé la possibilité de ne pas traiter le stock d'uranium de retraitement comme un tout, puisqu'elle a indiqué, dans son avis du 9 février 2016 qu'« il ne peut être exclu que l'URT soit à l'avenir requalifié au moins partiellement en déchet radioactif ». L'application de ce principe permettrait de poser de manière plus objective et cohérente la véritable équation économique à résoudre par les producteurs de déchets : valoriser alors que la technologie afférente existe, ou préparer la gestion en tant que déchets des substances correspondantes.

¹⁴⁹ La Cour relevait déjà, dans son *rapport public thématique : Le démantèlement des installations nucléaires et la gestion des déchets radioactifs* que « ce qui constitue 96 % du combustible usé [l'URT] semble avoir peu vocation à être utilisé dans un avenir proche ». La Documentation française, janvier 2005, disponible sur www.ccomptes.fr.

En tout état de cause et indépendamment d'une éventuelle requalification en déchets, le constat du maintien d'un stock d'URT qui pourrait ne jamais être valorisé, appelle un traitement comptable prudent – à l'instar de ce qui a été fait pour les MOX et URE usés. Cela conduirait EDF à constituer des provisions, couvertes par des actifs dédiés, en vue du stockage de la seule partie du stock non valorisable¹⁵⁰. Le montant de ces provisions peut aujourd'hui être évalué dans une fourchette de 500 M€ à 1 Md€. La Cour considère ainsi qu'en l'absence de constitution de cette provision pour stockage et des actifs dédiés correspondants, la charge de gestion de long terme des matières et déchets radioactifs n'est aujourd'hui pas couverte par EDF¹⁵¹. Leur constitution permettrait de ne pas traiter de façon uniforme la totalité du stock existant, en reflétant les perspectives industrielles réelles de valorisation des matières.

B - Mieux asseoir les décisions de gestion des MOX et URE usés

Les MOX et URE usés sont aujourd'hui considérés comme des matières car il est envisagé de recycler ces combustibles, soit dans des réacteurs à neutrons rapides (4^{ème} génération de réacteurs), soit dans les réacteurs de 3^{ème} génération (génération de l'EPR). Ces perspectives justifient les choix de gestion aujourd'hui réalisés pour ces matières. Il est dès lors utile de se pencher sur les bénéfices escomptés de la mise en œuvre de ces perspectives.

1 - Intérêt et limites du recours aux réacteurs à neutrons rapides

Le fonctionnement des réacteurs à neutrons lents (réacteurs actuellement en fonctionnement) et celui des réacteurs à neutrons rapides (RNR) sont différents. Alors que tous les actinides (uranium, plutonium, actinides mineurs recueillis aujourd'hui dans les déchets vitrifiés, etc.) sont fissiles aux neutrons rapides, seuls certains d'entre eux le sont aux neutrons lents. Les RNR pourraient donc « consommer » certaines substances que

¹⁵⁰ Pour la partie du stock dont la valorisation paraît possible, le traitement comptable serait identique à celui qu'il est aujourd'hui (provision pour l'entreposage, non couverte par des actifs dédiés, en application de la réglementation).

¹⁵¹ À cet égard, le traitement comptable actuel de l'URT reflète les contradictions d'EDF sur le sujet. En effet le stock d'URT ne fait pas l'objet d'une valorisation à l'actif, car EDF considère que sa valeur économique est actuellement nulle. Si EDF considérait que tout le stock d'URT avait vocation à être recyclé en combustible URE, il devrait considérer qu'il en tirera un avantage économique futur et le valoriser en conséquence.

les réacteurs de deuxième ou troisième génération ne peuvent pas utiliser et qui constituent alors des déchets très radioactifs. C'est pourquoi avec les RNR, le cycle du combustible s'appréhende de manière très différente. Il serait possible de passer du « monorecyclage REP » au « multirecyclage¹⁵² » du plutonium, ouvrant ainsi la perspective d'utiliser tout le potentiel énergétique des actinides, résolvant les problèmes de ressources¹⁵³. La perspective de recours aux RNR constitue ainsi la clé de voûte des scénarios « cycle fermé » (ou « complètement fermé ») tels qu'ils sont élaborés en France¹⁵⁴.

Des travaux conduits au titre de l'article 51 du PNGMDR ont permis de comparer plusieurs scénarios, prenant en compte le déploiement dans le temps de différents paliers de déploiement des RNR. L'inventaire prospectif à l'horizon 2100 des matières et déchets a ainsi été évalué pour deux scénarios¹⁵⁵ : un scénario appelé « DL », comme « développement lent », qui envisage la succession de différents paliers pour aboutir notamment à la mise en œuvre de 30 % de RNR dans le mix électrique en 2090 et le scénario « DR », pour « développement rapide », qui envisage une accélération du déploiement des RNR jusqu'à atteindre 72 % de RNR dès les années 2090. Ces scénarios sont comparés aux scénarios « cycle ouvert » (parc hypothétique sans recyclage) et au scénario « poursuite du monorecyclage », qui correspond à un scénario de poursuite d'exploitation du cycle tel qu'il est pratiqué aujourd'hui. Les principaux résultats sont présentés dans le graphique n° 5 ci-après.

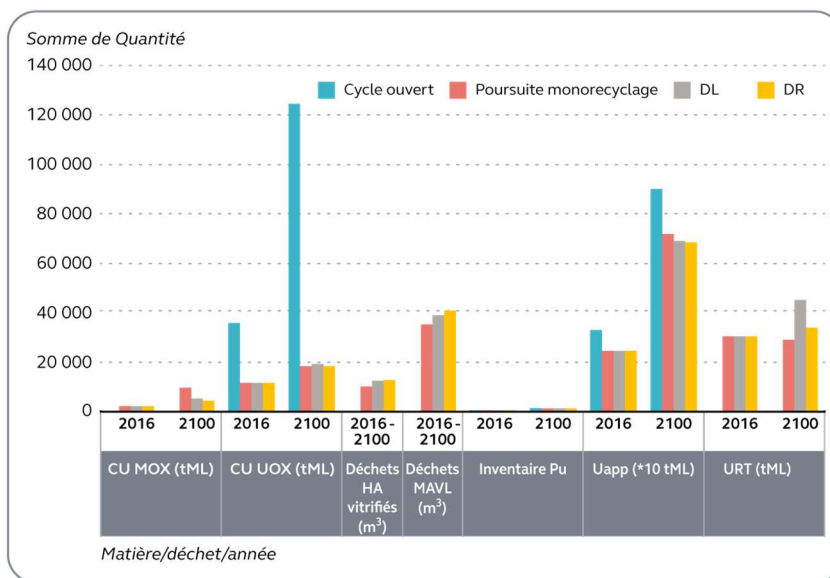
¹⁵² Plus le nombre de RNR déployés augmente, plus la nature et le volume des combustibles retraités afin de produire du combustible RNR évolue : pour des taux de pénétration faibles, seul le combustible MOX usé issu des réacteurs REP est retraité pour fournir le plutonium nécessaire aux RNR. Ensuite le combustible usé issu des réacteurs RNR est lui-même retraité pour alimenter ces mêmes réacteurs. La production de ce combustible RNR à partir de combustibles MOX usés suppose la maîtrise industrielle du retraitement de ces combustibles, dont la faisabilité n'a été établie qu'à petite échelle.

¹⁵³ À titre de comparaison, un réacteur REP fonctionnant à l'UNE consomme annuellement 180 tonnes d'uranium naturel et produit 0,25 t de plutonium. Un RNR de même puissance aurait besoin, chaque année, de 15 à 20 t de plutonium, constamment régénérés, et consommerait seulement 1 à 2 tonnes d'uranium naturel. Les RNR pourraient même fonctionner en utilisant l'important stock d'uranium appauvri actuellement inutilisé par le parc de réacteurs à eau.

¹⁵⁴ Les recherches sur les RNR ont initialement porté sur les deux fonctions envisageables pour de tels réacteurs : la surgénération (production d'électricité) et la transmutation.

¹⁵⁵ Ces scénarios reposent sur une hypothèse de stabilité de la production électronucléaire à 420 TWh.

Graphique n° 5 : comparaison de scénarios au titre de l'article 51 du PNGMDR en terme de quantités de matières et déchets



Les évolutions des stocks d'URT sont liées aux hypothèses prises pour l'établissement de ces scénarios. Dans le scénario monorecyclage, la reprise de l'enrichissement de l'URT dans les années 2020 est maintenue au cours du temps : on retrouve ainsi les chroniques d'évolution de l'URT présentées supra. En revanche, pour les scénarios DL et DR, le recyclage par enrichissement de l'URT est arrêté au moment du déploiement des RNR : l'URT n'est plus utilisé qu'aux fins de fabrication des combustibles RNR. Les stocks augmentent donc significativement dans ce deuxième cas.

Source : Cour des comptes, d'après données CEA

Cette comparaison des scénarios permet de poser les termes techniques de l'arbitrage entre absence de retraitement (cycle ouvert) et monorecyclage : il s'agit de comparer le coût de stockage d'environ 80 000 tonnes de combustibles usés UNE (différentiel d'accroissement de quantité produite entre 2016 et 2100 entre le scénario cycle ouvert et le scénario monorecyclage), contre environ 7 500 tonnes de combustibles usés MOX auxquelles s'ajoutent 10 000 m³ de déchets HA et 35 000 m³ de déchets MA. La comparaison économique de ces scénarios n'est toutefois pas effectuée aujourd'hui et se trouve être difficilement réalisable sans chiffrage des différentes options techniques que cela représente et de variantes de Cigéo.

Les enjeux de déploiement des réacteurs de quatrième génération peuvent quant à eux se résumer ainsi : à l'horizon 2100, par rapport au scénario « monorecyclage », ces réacteurs permettent au mieux d'économiser la production de 4 500 tonnes de combustible MOX usés. Or les études disponibles chiffrent à environ 4,31 Md€₂₀₁₂ le surcoût de stockage dans Cigéo de 4 180 tonnes de MOX usés. Il est possible d'en

conclure que c'est l'ordre de grandeur du bénéfice à attendre du recours aux RNR à l'horizon 2100. Ces bénéfices seraient à comparer aux surcoûts d'investissement associés au déploiement des réacteurs de quatrième génération – qui ne sont pas évalués actuellement – ainsi qu'aux surcoûts de stockage induits par l'accroissement des déchets HA et MA-VL produits dans les scénarios de recours aux RNR.

Comme indiqué *supra*, le recours aux RNR de quatrième génération se décidera au mieux vers la fin de ce siècle, et leur déploiement est donc empreint de fortes incertitudes. Le projet de démonstrateur Astrid¹⁵⁶, doit permettre de lever les incertitudes techniques liées au développement de réacteurs RNR de quatrième génération. L'ambition réelle du projet dépendra néanmoins des financements qui lui seront octroyés. Au-delà de celles liées à la mise au point des RNR l'opportunité économique du déploiement d'un parc nucléaire de 4^{ème} génération dépendra du prix de l'uranium naturel – dont le RNR permet justement de s'affranchir. Dans tous les cas, les bénéfices des RNR en terme de réduction des quantités de matières et déchets ne seraient perceptibles qu'au cours du prochain siècle. En dépit de leur échéance lointaine de déploiement, les RNR et le multirecyclage du plutonium en général constituent les fondements de la gestion des MOX et URE usés.

2 - Le multirecyclage du plutonium en réacteurs à eau pressurisée

La valorisation des combustibles MOX et URE usés fait l'objet d'une autre hypothèse, celle du multirecyclage en REP (réutilisation du plutonium issu des MOX usés dans les réacteurs actuellement en fonctionnement). Cependant sa réalisation n'apparaît pas acquise. Une analyse approfondie des différentes options envisageables pour la fermeture du cycle a en effet été conduite sous l'égide du haut-commissaire à l'énergie atomique¹⁵⁷, à la demande d'EDF et du CEA. Elle a conclu que la voie du multirecyclage en REP ne permettrait pas d'économie substantielle d'uranium et accroîtrait la production d'actinides mineurs dans les déchets finaux (rendant leur stockage ultime plus difficile). La CNE2¹⁵⁸ a confirmé ce diagnostic en 2018 dans son rapport d'évaluation n° 12.

¹⁵⁶ Le projet de démonstrateur RNR sodium Astrid a fait l'objet d'études d'avant-projet dans le cadre d'une convention entre le CEA et l'État. L'intérêt du projet réside notamment dans ses apports en termes de sûreté par rapport aux réacteurs RNR fonctionnant actuellement dans le monde. La nature et l'ampleur de la poursuite des travaux de recherche doivent être décidées fin 2019.

¹⁵⁷ La fermeture du cycle du combustible nucléaire, recensement et analyses des alternatives, Avril 2017.

¹⁵⁸ Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs, 2018 :

https://www.cne2.fr/telechargements/RAPPORT_CNE2_12_2018.pdf

Dans son rapport au titre de l'article 12 du PNGMDR sur le multirecyclage des matières nucléaires en REP remis en décembre 2017, EDF conclut d'ailleurs que « ces concepts apparaissent industriellement et économiquement moins favorables que la poursuite du monorecyclage ». L'étude souligne également que la mise en œuvre du multirecyclage REP nécessiterait la mise en œuvre d'une nouvelle usine de retraitement des combustibles, ainsi que d'une nouvelle usine de type Melox, avec des capacités deux à trois fois supérieures à celles des usines actuelles.

Pour autant les acteurs de la filière et l'État affichent désormais l'ambition de mettre en œuvre le multirecyclage, dans le contrat de la filière nucléaire française¹⁵⁹ pour la période 2019-2022, comme dans le projet de programmation pluriannuelle de l'énergie¹⁶⁰. Il apparaît néanmoins qu'il n'est pas envisagé que le multirecyclage soit mis en œuvre sur le parc nucléaire actuel¹⁶¹. Par ailleurs, les études techniques et économiques démarrent à peine et ont pour l'instant laissé des sujets importants de côté, comme l'impact sur l'emprise du stockage des déchets (du fait de la production accrue d'actinides mineurs) ou le bilan économique d'un déploiement de ces technologies.

Sur le long chemin qui pourrait conduire au déploiement des RNR, le multirecyclage est aujourd'hui présenté comme une étape intermédiaire utile. Cependant, les conditions de mise en œuvre et les impacts doivent encore être précisés.

3 - Anticiper l'éventualité du stockage

Compte tenu des perspectives incertaines de déploiement d'un parc de RNR, la Cour considère que la décision d'EDF de provisionner le stockage des combustibles usés MOX et URE et de constituer les actifs dédiés correspondants est prudente (cf. *supra*).

Si les charges correspondant au stockage sont provisionnées, ce stockage n'est toutefois pas prévu aujourd'hui dans l'inventaire de référence de Cigéo : il est uniquement abordé dans le cadre des études d'adaptabilité. Cela signifie que le projet tel qu'il est conçu aujourd'hui (études détaillées de conception et de réalisation) et tel qu'il sera, le cas échéant, approuvé, ne pourra pas accueillir de telles substances, sauf évolution et autorisation adéquate expresse.

¹⁵⁹ Contrat stratégique de la Filière Nucléaire 2019-2022, 28 janvier 2019.

¹⁶⁰ PPE 2019-2023 - 2024-2028, 25 janvier 2019, page 129 : « [...] le multirecyclage dans les réacteurs à eau sous pression (REP) pourrait permettre de stabiliser les stocks de plutonium ainsi que les stocks de combustibles usés contrairement au monorecyclage. La faisabilité de ce type de solution doit donc être explorée. [...] L'introduction d'un assemblage test de combustible en réacteur à l'horizon 2025-2028 devra être poursuivie, en vue d'un déploiement industriel potentiel vers 2040. »

¹⁶¹ Cf. : auditions des directeurs généraux de l'IRSN et de l'ANDRA dans le cadre de l'élaboration du présent rapport.

L'ASN s'est prononcée sur la question du maintien des combustibles MOX et URE usés dans leur statut actuel dans son avis du 9 février 2016, en concluant que « le caractère de matière radioactive des combustibles usés MOX et URE doit être périodiquement réévalué ». Cela induit la nécessité d'une mise à jour périodique de l'inventaire de référence de Cigéo pour les déchets HA et MA-VL. L'identification de la date à laquelle une éventuelle décision d'inclusion des combustibles MOX et URE usés dans cet inventaire de référence devrait être prise, n'apparaît toutefois pas évidente.

En effet, comme indiqué dans le chapitre II, la construction des alvéoles HA de Cigéo ne sera mise en œuvre que dans les années 2070. Les choix techniques correspondants seront donc figés dans plusieurs décennies. Le caractère incrémental et la progressivité du projet pourraient donc inciter à ne pas précipiter une décision sur une inclusion éventuelle des MOX et URE usés dans l'inventaire de référence.

Pour être en mesure, le cas échéant, d'enfouir les MOX et URE usés vers 2080, il serait pourtant nécessaire de définir les séries de démonstrateurs et de tests techniques nécessaires, leurs calendriers de réalisation et l'articulation de ceux-ci avec les autres phases du projet. La définition d'un calendrier de mise en œuvre de ces étapes techniques préalables au stockage permettrait de déterminer les dates – ou jalons – auxquelles l'inventaire de référence devra avoir été révisé pour pouvoir permettre le stockage des nouvelles substances incluses dans cet inventaire, à la même échéance que les déchets HA vitrifiés.

Compte tenu des incertitudes fortes de valorisation des MOX et URE usés, la Cour recommande que l'ANDRA travaille dès à présent à la définition des étapes techniques préalables au stockage des MOX et URE usés, contribuant à la définition des jalons. L'actualisation de l'inventaire de référence devra être réalisée à ces échéances, en tenant compte des perspectives avérées de valorisation des matières radioactives, notamment des MOX et URE usés. Cette recommandation rejoint une suggestion de la mission de revue internationale par les pairs « Artemis »¹⁶². Cette mission a en effet considéré que « le Gouvernement devrait s'efforcer d'identifier les délais dans lesquels le retard continu dans la réalisation des installations de réutilisation du combustible usé et des matières nucléaires rendra nécessaire la prise de décisions concernant les capacités de pré-stockage et les capacités de gestion du combustible usé et des matières nucléaires. Face à ces décisions, un examen de la stratégie de référence [...] peut être approprié ».

¹⁶² Service d'examen intégré portant sur la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé, le déclassé et la dépollution (Artemis), Département de la sûreté et de la sécurité nucléaires, Département de l'énergie nucléaire. Janvier 2018.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La responsabilité des propriétaires des substances radioactives s'exerce notamment dans la classification de ces dernières en matières valorisables ou en déchets non valorisables. Le maintien sous statut de « matières » d'un certain nombre de substances radioactives repose sur un ensemble d'anticipations sur les conditions techniques et économiques de leur valorisation future. Depuis 2016, l'autorité administrative peut, sur le fondement de l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement, procéder à une requalification des matières en déchets si elle juge que le caractère valorisable des substances n'est pas suffisamment établi. Elle n'a, à ce jour, jamais mis en œuvre cette faculté de requalification. Compte tenu des conséquences financières, pour les exploitants, qu'une requalification de matières radioactives en déchets par l'autorité administrative emporterait, il conviendrait que cette autorité précise, en lien avec les exploitants, la doctrine d'emploi de l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement, qui pourrait être fondée sur l'adéquation entre les perspectives industrielles de valorisation et les quantités de substances détenues et à détenir.

Le cadre juridique mis en place pour assurer la sécurisation des dépenses futures confie aux exploitants la responsabilité d'évaluer de manière prudente leurs charges futures, de constituer les provisions correspondantes et de gérer le portefeuille d'actifs dédiés à la couverture de certaines provisions. Ce sont aussi les exploitants qui définissent, dans le cadre fixé par les textes, les paramètres financiers d'évolution des charges et provisions. Le total des charges brutes de gestion des matières et déchets radioactifs ainsi que des combustibles usés s'élève, fin 2017, tous exploitants confondus, à 69 Md€₂₀₁₇. Les provisions calculées à partir de charges brutes (après application d'un taux d'actualisation) atteignent 31 Md€₂₀₁₇, et les provisions couvertes par des actifs dédiés sont de 21 Md€₂₀₁₇. Ces charges et provisions sont en forte augmentation, de près de 40 % par rapport à 2013, avec des différences importantes selon les exploitants. Leurs décisions en matière de charges, provisions et actifs dédiés sont soumises au contrôle de l'autorité administrative. Ce contrôle doit être approfondi, afin de garantir que les sommes provisionnées sont suffisantes pour faire face aux échéances futures mais aussi que le traitement comptable qui est appliqué aux matières, concernant les actifs dédiés notamment, est cohérent avec les scénarios industriels des exploitants.

Les modalités de gestion de l'URT et des MOX et URE usés mettent en évidence des incohérences entre les scénarios industriels existants et le statut de « matières » de ces substances. En effet, malgré la relance de la filière de recyclage de l'URT, les stocks de cette substance ne diminueront pas avant la deuxième moitié de siècle. Il existe ainsi un risque qu'une partie du stock ne soit jamais valorisée. Afin de se prémunir du risque de report de la charge de stockage de cette substance sur les générations futures, des provisions et actifs dédiés devraient être constitués – dont le montant peut être évalué dans une fourchette de 500 M€ à 1 Md€ –, afin de mieux refléter la perspective réelle de valorisation de cette matière.

La valorisation des MOX et URE usés repose sur les perspectives de multirecyclage du plutonium dans les EPR ou de développement d'un parc de réacteurs à neutrons rapides. Ces perspectives sont soumises à de fortes incertitudes et ne pourraient dans tous les cas voir le jour avant la seconde moitié du siècle. Du fait de choix historiques et prudents, ces combustibles donnent d'ailleurs lieu à un provisionnement et une couverture par les actifs dédiés pour leur stockage, à hauteur de 656 M€. Dans ces conditions, il conviendrait d'anticiper l'éventualité du stockage de ces substances, et de travailler dès à présent à l'identification des échéances auxquelles la question devra avoir été tranchée.

La Cour formule les recommandations suivantes :

- 4. préciser la doctrine d'emploi, par les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire, de l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement relatif à la qualification des substances radioactives en matière ou déchets (MTES, 2019) ;*
- 5. refléter la perspective industrielle réelle de valorisation des matières radioactives dans la constitution des provisions et actifs dédiés (DGEC, DG Trésor, 2019) ;*
- 6. définir les jalons, dans la réalisation de l'inventaire du projet Cigéo, qui devront donner lieu à une actualisation de l'inventaire de référence, notamment dans le cas d'un stockage des MOX et URE usés (ANDRA, 2020).*

Chapitre IV

L’aval du cycle et l’évolution de la politique énergétique

Dans ce chapitre, la Cour a cherché à éclairer les interactions entre les capacités d’entreposage des combustibles usés et les flux de matières à partir des analyses existantes du fonctionnement du cycle (dossier « impact cycle 2016 »). Bien que ces analyses soient antérieures au projet de programmation pluriannuelle de l’énergie (PPE) pour les périodes 2019-2023 et 2024-2028 rendu public le 25 janvier 2019 et ne reflètent donc pas les hypothèses retenues dans le projet de PPE, elles permettent toutefois d’éclairer les choix proposés aujourd’hui (I).

Il est en effet important que les interactions entre l’amont et l’aval du cycle soient expliquées, et que les alternatives de politiques publiques permettant de dépasser les contraintes découlant de ces interactions soient discutées lors des débats publics relatifs à la PPE et au PNGMDR (II).

Pour être en mesure d’éclairer ces débats, l’État doit effectuer l’analyse économique des politiques publiques alternatives possibles. À cette fin, il doit se doter des compétences nécessaires à l’évaluation économique, mais également environnementale, de ces alternatives (III).

I - Capacités d'entreposage et fermeture des réacteurs nucléaires

Les dossiers « impact cycle » (IC) réalisés périodiquement par EDF (en lien avec Orano, Framatome et l'ANDRA) à la demande de l'ASN permettent de vérifier la compatibilité entre les évolutions des caractéristiques des combustibles et leur gestion envisagée à moyen terme, en prenant en compte les évolutions des installations du cycle. Le dossier IC 2016 a permis d'étudier plusieurs scénarios qui couvrent le parc existant des réacteurs à eau pressurisée français d'EDF, l'EPR en construction de Flamanville, ainsi que les installations en amont et en aval nécessaires à la gestion du combustible. Les simulations ont été réalisées de façon détaillée sur la période allant du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2025. À compter de 2026, seuls les aspects les plus significatifs ont été étudiés, en prolongeant les tendances constatées. Cet exercice s'est achevé avec la publication de l'avis de l'ASN sur le dossier, en octobre 2018¹⁶³.

L'étude de ce dossier, qui constitue à ce jour l'analyse la plus récente et la plus développée sur le sujet, est riche d'enseignements sur les contraintes de fonctionnement du cycle et sa sensibilité aux aléas. Elle peut éclairer les décisions à venir même si les scénarios d'évolution du parc nucléaire aujourd'hui proposés dans le projet de PPE diffèrent des scénarios étudiés dans ce dossier et permettraient d'éviter certains des risques identifiés dans le dossier IC.

A - L'entreposage des combustibles usés, paramètre clé de l'équilibre des flux

1 - La sensibilité aux aléas

Le dossier IC 2016 montre que l'aval du cycle du combustible est sensible aux aléas que représenteraient un arrêt ponctuel du retraitement ou une interruption des évacuations des combustibles usés (CU) vers l'usine de La Hague. Si une des usines de La Hague¹⁶⁴ devait s'arrêter de

¹⁶³ Avis n° 2018-0316 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 octobre 2018 relatif à la cohérence du cycle du combustible nucléaire en France.

¹⁶⁴ L'IRSN dans son avis 2018-00126 sur le dossier « impact cycle » a indiqué « [qu'il] considère qu'il ne peut pas être écarté, à ce stade et sans justification particulière, qu'un aléa puisse conduire à l'arrêt prolongé des deux usines » et a recommandé de compléter les études d'aléas sur ce point.

fonctionner pendant six mois, les piscines de La Hague seraient saturées deux ans plus tôt que dans le scénario de référence (2030). Dans l'hypothèse d'un arrêt des évacuations des CU vers La Hague, les capacités d'entreposage des piscines BK situées dans les centrales nucléaires pourraient être saturées en un an, et une interruption de six mois simulée en 2020 ne permettrait pas de retrouver le niveau de stockage antérieur des CU dans les piscines BK avant 2030.

Ces deux exemples montrent que le site de La Hague – lieu unique pour la réception des combustibles usés – constitue un point de vulnérabilité important du fonctionnement actuel du cycle. L'ASN, dans sa lettre de suite sur le dossier IC 2016 datée du 25 octobre 2018, demande de compléter, à l'avenir, les études d'aléas menées pour les usines de retraitement de La Hague et l'atelier de conversion de l'URT¹⁶⁵ au Tricastin.

Un projet de piscine d'entreposage centralisé sans marges de délais de réalisation

La date de mise en service envisagée de la piscine d'entreposage centralisé – qui doit permettre de lever les contraintes d'entreposage révélées dans le chapitre II.I –, présente peu de marge pour éviter une saturation des capacités d'entreposage des piscines BK et de La Hague et faire face à d'éventuels aléas, qu'il s'agisse d'aléas affectant les installations actuelles du cycle (engorgement rapide des entreposages faisant suite à des baisses de régime des usines de retraitement-recyclage par exemple) ou affectant la construction de la future piscine. Dans sa lettre de suite et son avis relatifs à la cohérence du cycle du combustible nucléaire en France du 18 octobre 2018, l'ASN estime ainsi nécessaire que soient présentées les parades envisagées dans l'hypothèse d'un retard de la mise en service de la piscine d'entreposage centralisé. Elle demande en outre que lui soit transmis, chaque année, le détail d'occupation des piscines BK et de La Hague, ainsi qu'une analyse des capacités d'entreposage des combustibles usés sur les 15 prochaines années.

¹⁶⁵ Les ateliers de conversion permettent de faire passer l'uranium d'une forme chimique à une autre. Ils convertissent la forme chimique de l'URT résultant du retraitement des combustibles usés des centrales électronucléaires, en provenance de La Hague, en autres formes chimiques sous lesquelles l'URT est entreposé.

Ces aléas sur les installations du cycle ne relèvent pas que de l'hypothèse : des difficultés sont rencontrées actuellement par les usines de La Hague¹⁶⁶ et de Melox¹⁶⁷, entraînant d'ores et déjà des conséquences sur le fonctionnement des réacteurs et réduisant le flux de retraitement-recyclage, augmentant de fait les volumes de combustibles usés à entreposer¹⁶⁸.

2 - L'équilibre actuel des flux repose sur la poursuite du recours au combustible MOX

Au-delà de la sensibilité aux aléas, le dossier IC 2016 montre également que la poursuite du recours au retraitement représente un paramètre majeur du cycle de production nucléaire. Or, ce maintien est lui-même conditionné par la disponibilité d'un parc de réacteurs capable d'utiliser du combustible MOX. En effet, une baisse de la capacité de recours au combustible MOX (fermeture de 19¹⁶⁹ réacteurs de 900 MW moxés, étalée sur neuf ans, sans alternative de recours au MOX) empêcherait la poursuite du retraitement des combustibles usés à La Hague, à moins d'accroître le stock de plutonium séparé français (le plutonium ne pourrait effectivement plus être utilisé pour fabriquer les combustibles recyclés MOX).

Dans cette hypothèse, la saturation des piscines d'entreposage des combustibles interviendrait sept ans avant la fin programmée de fermeture des 19 réacteurs. Cette baisse du recours au combustible MOX poserait donc deux questions : à court terme, celle des capacités nécessaires à l'entreposage des combustibles usés et, à plus long terme, celle de l'exutoire des combustibles usés. En effet, en l'absence de processus de

¹⁶⁶ À l'occasion de l'arrêt programmé de maintenance de l'usine UP2-800, une usure a été décelée sur la roue du dissolvant de l'atelier R1, nécessitant son changement.

¹⁶⁷ La filière doit résoudre ces difficultés conjoncturelles : l'uranium appauvri utilisé dans la production du MOX était produit par un procédé dit « voie humide » dans les usines de Comurhex au Tricastin et à Malvesi. L'exploitant a remplacé ce procédé – mis en œuvre dans une installation vétuste aujourd'hui fermée – par un procédé dit « voie sèche », mis en œuvre dans l'usine Framatome de Lingen en Allemagne. Ce dernier procédé pose des problèmes de qualité du combustible. Pour y remédier, Orano prévoit de construire une installation dite « nouvelle voie humide » dont la mise en service est évoquée pour 2022, pour un investissement de 55 M€.

¹⁶⁸ L'IRSN a précisé qu'en 2018, deux réacteurs qui auraient dû fonctionner avec du combustible MOX ont fonctionné avec de l'UNE. En 2019, sur les 23 recharges de combustible MOX initialement prévues, seules 14 devaient avoir lieu.

¹⁶⁹ L'hypothèse de 19 réacteurs moxés arrêtés est celle du scénario du dossier IC 2016 permettant l'atteinte de l'objectif de 50 % de nucléaire dans le mix électrique à l'horizon 2025 par la voie de l'arrêt des réacteurs 900 MW.

retraitement, le stockage direct des combustibles UNE usés devrait être envisagé (au lieu du seul stockage des déchets issus des procédés de retraitement des combustibles usés aujourd'hui). Pourtant, comme vu au chapitre II, ces combustibles ne font pas partie de l'inventaire de référence de Cigéo. Seules les études d'adaptabilité envisagent l'hypothèse du stockage direct des combustibles UNE usés.

Il s'ensuit qu'il n'est pas possible d'envisager aujourd'hui la fermeture des réacteurs 900 MW moxés sans impact significatif sur le système de gestion des matières et déchets radioactifs français. En effet, une baisse de la capacité de recours au MOX induirait une baisse du retraitement des combustibles usés pour ne pas accroître le stock de plutonium séparé (parallèlement à une baisse du nombre des colis HA et MA-VL produits à La Hague). Mais elle induirait également une hausse significative des volumes de combustibles usés, qui sont sans solution de stockage actuellement, et dont la capacité d'entreposage serait rapidement saturée.

L'ASN, dans son avis d'octobre 2018¹⁷⁰, résume les conséquences de cette analyse : la contrainte explicitée *supra* impose que le ratio « production électrique de réacteurs consommant du combustible MOX » sur « production électrique des réacteurs consommant du combustible à base d'uranium naturel enrichi (UNE) » doit être maintenu, sur la décennie à venir, à un niveau voisin ou supérieur à son niveau actuel¹⁷¹.

À plus long terme, il convient soit de disposer de nouvelles capacités d'entreposage de combustibles usés en volume très significativement supérieures, en complément des capacités existantes ou en projet, soit de pouvoir consommer du combustible MOX dans d'autres réacteurs que ceux de 900 MW (22 réacteurs consomment du MOX sur 34 réacteurs 900 MW en fonctionnement en France), ce qui peut être envisagé pour les réacteurs 1 300 MW (20 réacteurs 1 300 MW en fonctionnement) et pour l'EPR.

¹⁷⁰ ASN, avis n° 2018-AV-0316 relatif à la cohérence du cycle du combustible nucléaire en France, 18 octobre 2018.

¹⁷¹ Cet équilibre doit être trouvé en tenant compte des décisions prises sur la question de l'URT : le remplacement des combustibles UNE par des combustibles URE conduit à diminuer le nombre de combustibles UNE disponible pour le retraitement. Il y a donc un équilibre à trouver sur toute la période visée entre le niveau de moxage et le niveau d'urtage permettant de diminuer le stock d'URT tout en ayant un stock de combustible UNE compatible avec le niveau de moxage.

B - Les conséquences de la fermeture des réacteurs 900 MW moxés

1 - Les hypothèses envisageables

L'exercice de planification de l'évolution du parc de production électrique, réalisé dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) conduit nécessairement à examiner les contraintes pesant sur le cycle du combustible et les alternatives envisageables. Les contraintes de l'aval du cycle limitent en effet significativement le champ des possibles. Les décisions relatives à cette planification doivent donc explicitement prendre en compte les risques d'engorgement des entreposages liés à la fermeture prévisible des réacteurs 900 MW moxés. Avant de présenter les choix qui ont été effectués dans le cadre du projet de PPE, il est utile de recenser ces contraintes et alternatives possibles.

Le dossier IC 2016 fait apparaître, à court terme, un risque de saturation des piscines trois ans après la fermeture de deux tranches moxées. Cela implique que, toutes choses égales par ailleurs, les premières fermetures de réacteurs moxés pourraient intervenir au plus tôt en 2027, soit trois ans avant la mise en service du premier bassin de la piscine d'entreposage centralisé prévue en 2030, laquelle permettrait de desserrer les contraintes d'entreposage (voir chapitre II). D'ailleurs EDF, dans l'ensemble des scénarios qu'il élabore, n'envisage pas de fermeture de réacteur 900 MW moxé avant 2029 – comme il l'a rappelé dans son cahier d'acteur publié à l'occasion du débat public sur la PPE.

Si 19 réacteurs moxés de 900 MW étaient amenés à fermer progressivement, les dernières fermetures ne pourraient pas intervenir avant une date proche de 2037, c'est-à-dire sept ans après la construction du premier bassin de la piscine d'entreposage centralisé (puisque la contrainte d'entreposage est constatée sept ans avant la dernière fermeture de réacteur, il faut avoir levé cette contrainte d'entreposage sept ans avant la dernière fermeture de réacteur). Le report de 2025 à 2035 de l'objectif de réduction à 50 % de la part du nucléaire dans la production électrique de la loi de transition énergétique pour une croissance verte (LTECV) est d'ailleurs prévu dans le cadre d'un projet de loi « énergie-climat », dans sa version transmise au Conseil national de la transition énergétique le 7 février 2019.

Dans cette hypothèse de fermeture de 19 réacteurs 900 MW moxés, pour contourner cette contrainte d'entreposage et éviter un report de la date d'atteinte de l'objectif, le choix pourrait être fait de fermer d'abord des réacteurs 1 300 MW (la fermeture de 15 réacteurs 1 300 MW a été étudiée dans le dossier IC 2016¹⁷²). L'analyse du dossier IC 2016 a montré que cette solution permettrait d'éviter les difficultés d'entreposage liées à la fermeture des réacteurs 900 MW mais elle soulève la question de la pertinence d'un cadencement des fermetures de réacteurs qui ne privilégierait pas le critère de leur ancienneté. Par ailleurs, la réflexion aujourd'hui associée à la fermeture de Fessenheim comprend un volet d'indemnisation d'EDF par l'État, qui repose sur l'évaluation du manque à gagner de l'entreprise par rapport à la période d'exploitation initialement escomptée. Une fermeture des réacteurs 1 300 MW avant leur quatrième visite décennale aurait probablement un impact financier important pour l'État¹⁷³.

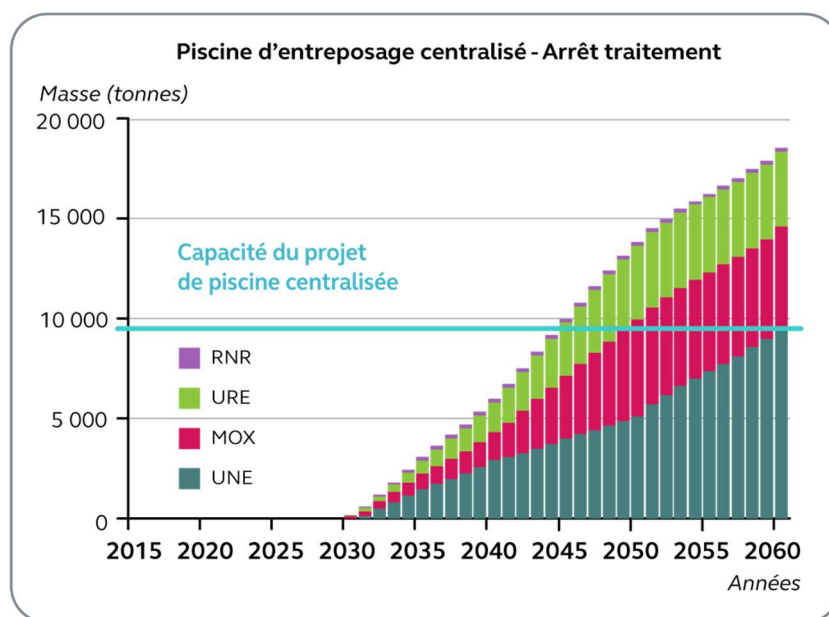
Si l'objectif de fermeture des réacteurs 900 MW était maintenu, une autre solution pour éviter la saturation des entreposages consisterait, comme évoqué *supra*, à « moxer » les réacteurs 1 300 MW.

Si le maintien d'un nombre minimal de réacteurs moxés ne devait pas être garanti, le recours au retraitement des combustibles usés devrait être progressivement arrêté. Il faudrait alors, pour pallier l'engorgement des entreposages, disposer rapidement de l'équivalent de deux piscines centralisées ou compléter le projet actuel de piscine d'entreposage centralisé par des entreposages à sec destinés à recevoir des combustibles usés. En effet le projet actuel – d'une capacité d'environ 10 000 tonnes de combustible usé – arriverait à saturation dès 2045, comme indiqué sur le graphique n° 6 ci-dessous. L'arrêt du recours au retraitement, qui conduirait à stocker directement des combustibles UNE usés, supposerait en outre un redimensionnement de Cigéo.

¹⁷² Dans le cadre d'un scénario avec une production décroissante.

¹⁷³ Le projet de PPE soumis à consultation le 25 janvier 2019 prévoit (p.142 à 145) que les fermetures qui interviendront entre 2029 et 2035, à l'échéance de leur cinquième visite décennale, ne donneront pas lieu à indemnisation. Le projet ne dit cependant rien des fermetures anticipées proposées en 2027-2028 et envisagées en 2025-2026 (deux réacteurs supplémentaires).

Graphique n° 6 : impact sur le remplissage de la future piscine d'entreposage centralisé d'un arrêt progressif du retraitement imputable à la fermeture des tranches 900 MW moxées à partir de 2029, sans recours à des réacteurs 1 300 MW moxés



Note : les combustibles usés « RNR » correspondent aux combustibles usés des démonstrateurs RNR Phénix et Superphénix, qui ne sont plus en fonctionnement.

Source : EDF

L'annexe n° 9 résume l'arbre de décision associé à ces contraintes. Elle illustre les déterminants des choix, sans prétendre refléter exactement tous les paramètres – qui ne seront arrêtés qu'une fois la PPE décidée.

2 - Les évolutions prévues par le projet de PPE

Le niveau de contrainte pris en compte sur les entreposages par le dossier IC 2016 n'est pas celui qui découlerait de la mise en œuvre de la PPE, dans la mesure où le nombre de réacteurs 900 MW dont la fermeture est envisagée d'ici 2035 est inférieur à 19.

Le projet de PPE propose en effet une fourchette de 14 à 16 fermetures de réacteurs – dont les deux réacteurs de Fessenheim – entre 2025 et 2035. La Cour observe qu'il ne comporte pas d'analyses détaillées de l'impact de ses choix sur l'activité de retraitement des combustibles usés, alors même que la baisse de la production électronucléaire prévue

dans le projet de PPE modifie les flux de combustibles et donc les flux de retraitement des combustibles usés. Le projet de PPE se contente d'indiquer que « la stratégie de traitement-recyclage du combustible [...] sera donc préservée sur la période de la PPE et au-delà, jusqu'à l'horizon des années 2040 ». Il conviendrait, comme l'a demandé l'ASN¹⁷⁴, de conduire « une analyse des effets sur la cohérence du cycle du combustible des scénarios de mix énergétique retenus dans les décrets fixant la PPE », c'est-à-dire d'actualiser l'étude d'« impact cycle » dont les résultats ont été décrits *supra*.

Le projet de PPE précise l'option privilégiée pour tenir compte des contraintes induites par la fermeture planifiée de réacteurs 900 MW moxés : il s'agit du moxage des réacteurs 1300 MW¹⁷⁵. Le planning envisagé ne prévoit une généralisation des chargements en MOX dans les réacteurs 1 300 MW qu'à compter de 2032. Le nombre de réacteurs à fermer prévu par la PPE étant plus faible que dans le dossier IC 2016, la contrainte sur l'entreposage l'est aussi.

Toutefois, il est possible que le recours à ce type de combustible dans ces réacteurs nécessite le développement d'une nouvelle flotte d'emballages pour les combustibles neufs. Si tel était le cas, le planning évoqué entrerait sur un chemin critique, dans la mesure où la durée de développement et de qualification d'un tel type d'emballage pourrait atteindre une dizaine d'années¹⁷⁶. La faisabilité de la solution et ce calendrier sont, dans tous les cas, soumis à un bilan de marges de sûreté¹⁷⁷ préliminaire qui ne sera disponible qu'en 2019. Cette décision de moxage des 1 300 MW emportera par ailleurs un certain nombre d'investissements à réaliser dans les réacteurs actuels, ainsi que dans l'usine Melox. EDF estime en première intention le montant des investissements correspondants à environ 500 M€ pour six réacteurs moxés (incluant les modifications de l'usine Melox). Cette estimation fait actuellement l'objet d'approfondissements.

¹⁷⁴ Lettre de suites de l'ASN sur le dossier « impact cycle » du 25 octobre 2018.

¹⁷⁵ « [...] le moxage d'un nombre suffisant de réacteurs 1300 MW sera entrepris afin de pérenniser la gestion du cycle français. », PPE 2019-2023 - 2024-2028, 25 janvier 2019, page 25.

¹⁷⁶ L'IRSN estime d'ailleurs, dans son rapport n° 2018-00007 relatif au dossier « impact cycle » 2016 que « [...] En première approche, l'IRSN souligne toutefois qu'une telle modification nécessiterait des adaptations importantes des réacteurs concernés, [...], de l'usine MELOX, ainsi que le développement de nouveaux emballages de transport ».

¹⁷⁷ Ce bilan est nécessaire pour identifier les modifications à apporter sur les tranches concernées.

II - Des enjeux peu présents dans le débat public

A - Des choix implicites

Les contraintes induites par la gestion des combustibles usés n'ont été que très récemment explicitées, malgré les décisions à prendre sur l'avenir du parc, et *a fortiori* eu égard à la durée, longue, de réalisation des projets dans l'industrie nucléaire. La perspective de baisse de la part du nucléaire dans le mix électrique français conduit à penser que ce sont les réacteurs 900 MW, les plus anciens du parc, qui seront les premiers mis à l'arrêt. Ces perspectives sont d'ailleurs confirmées par le projet de PPE qui prévoit l'arrêt des réacteurs principalement à l'échéance de leur cinquième visite décennale (cela signifie qu'il s'agit donc de réacteurs 900 MW, plus anciens que les réacteurs 1 300 MW). Or, comme indiqué *supra*, à ce jour, aucun autre réacteur ne peut recevoir du combustible MOX. L'EPR actuellement en cours de construction à Flamanville ne pourra pas recevoir de combustible MOX à court terme. Ainsi, sauf à considérer comme acquis le fait que des EPR « moxés » prendront le relais des réacteurs 900 MW moxés au plus tard en 2045 – en supposant donc que ces derniers fonctionneront jusqu'à leur sixième visite décennale – la question de la pérennité du recours au combustible MOX devrait être au cœur des questions de planification de la production électrique.

La Cour constate que le dossier du maître d'ouvrage du débat public¹⁷⁸ sur la PPE, qui a eu lieu au printemps 2018, n'évoque pas cette contrainte. Il se borne à indiquer que l'objectif de la PPE de 2016 concernant l'aval du cycle a été atteint, c'est-à-dire que la politique de retraitement et de recyclage a été maintenue. Il indique que la PPE aurait vocation à définir les modalités de maintien du recyclage du combustible nucléaire. Il réaffirme d'ailleurs, sans le justifier, le souhait du Gouvernement de maintenir cette activité de retraitement-recyclage. La question des interactions entre amont et aval du cycle n'a de fait pas été suffisamment débattue pour figurer dans la synthèse du débat. La conclusion du compte-rendu du débat public prononcée par le président de la commission particulière du débat public note, concernant la filière de retraitement des combustibles nucléaires, que « le débat ne paraît pas avoir fait bouger les positions ni laissé entrevoir d'évolution des pouvoirs publics à ce sujet ».

¹⁷⁸ L'ordonnance du 3 août 2016 prévoit que la Commission nationale du débat public (CNDP) soit saisie de tous les plans et programmes d'importance nationale et décide des modalités d'organisation de la participation du public.

B - Accroître la lisibilité de la prise de décisions

Même si les perspectives de mise en œuvre effective de fermeture des installations sont éloignées dans le temps, les décisions correspondantes doivent être prises aujourd'hui. Or, comme indiqué *supra*, les décisions sont prises sans discussion publique sur les alternatives possibles, sans transparence sur les paramètres critiques dans la mise en œuvre des solutions proposées (cf. risque à la construction de la piscine d'entreposage centralisé), et sans proposition de jalons permettant de confirmer la faisabilité des solutions proposées et d'analyser en détail les conséquences des choix retenus (cf. conclusions à venir du bilan sur les marges de sûreté des réacteurs 1 300 MW à « moxer »).

La mise en évidence de ces contraintes est d'autant plus nécessaire qu'elle constitue un enjeu critique pour Orano qui indique dans son cahier d'acteur de la PPE, que « sans adaptation de nouveaux réacteurs au combustible MOX, l'équilibre et la viabilité des usines du cycle seraient menacées si le nombre de fermetures nettes de réacteurs, sans compter celle de Fessenheim déjà actée, dépassait huit unités. [...] ». Pour dresser ce constat, Orano a analysé l'impact des scénarios de transition énergétique sur son activité, selon différents jeux d'hypothèses. La quasi-totalité de la production de retraitement des combustibles usés et de production de MOX d'Orano étant dépendante d'EDF, la sensibilité des usines de l'aval aux variations du parc nucléaire français est en effet extrêmement élevée : le calendrier de fermeture des réacteurs a une influence significative sur l'activité d'Orano, et donc sur ses perspectives de rentabilité. Il est indispensable qu'une visibilité soit donnée à Orano sur ce calendrier, afin de lui permettre de piloter au mieux son activité et les investissements nécessaires à celle-ci.

Par ailleurs, la Commission nationale d'évaluation, dans un rapport récent¹⁷⁹, a rappelé le fait que les incertitudes sur la trajectoire d'évolution du parc nucléaire emportent des conséquences sur la gestion des déchets associés, qui fragilisent celle-ci. La filière nucléaire se trouve ainsi à la croisée des chemins en termes de décisions relatives à la gestion de son parc du fait des contraintes relatives à l'aval du cycle et à la gestion des matières et déchets radioactifs. La Cour recommande donc que les conséquences sur l'aval du cycle soient mieux intégrées dans les débats publics sur l'évolution du parc nucléaire.

¹⁷⁹ CNE2. Rapport n° 12 de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs. Juin 2018.

La mise en évidence de ces contraintes et de l'enchaînement des décisions serait facilitée par la mise en cohérence des scénarios prospectifs. Or, il n'existe aujourd'hui aucune harmonisation entre les scénarios de l'inventaire national, ceux de la PPE, ou encore ceux du dossier « impact cycle ». Certes, l'exercice n'est pas simple dans la mesure où les horizons temporels des différents exercices, ainsi que leurs échéances et fréquence de réalisation¹⁸⁰, sont différents, et que chaque exercice doit permettre de pouvoir élaborer plusieurs scénarios. Toutefois, un scénario de référence pourrait être identifié parmi ceux de l'inventaire national. Sa mise en cohérence avec les orientations retenues par la PPE pourrait être assurée à chaque actualisation de l'inventaire. Ce scénario de référence servirait alors de base aux analyses du dossier « impact cycle ». La Cour encourage ainsi la DGEC à proposer une meilleure articulation des exercices prospectifs, notamment à l'occasion du débat législatif qui pourrait se tenir sur le prochain projet de loi « énergie-climat ». Un tel débat permettrait de mieux associer le Parlement à la définition des objectifs de politique énergétique, ce qui irait dans le sens des recommandations formulées en mars 2018 par la Cour dans son rapport à la commission des finances du Sénat sur le soutien aux énergies renouvelables¹⁸¹. Cette articulation pourrait être effectuée sous le contrôle d'une instance de pilotage interministériel de la politique énergétique placée auprès du Premier ministre, que la Cour a recommandé de créer.

C - Un périmètre d'analyse à élargir

La Cour constate qu'une grande partie des questions relevant du débat sur l'aval du cycle électronucléaire sont posées à l'occasion du débat public sur le PNGMDR 2019-2021. En effet, le dossier du maître d'ouvrage du débat prévoit notamment que les thèmes suivants soient abordés : la gestion des matières radioactives et la prévention des charges pour les générations futures, l'anticipation des besoins d'entreposage des combustibles, la gestion des déchets TFA (en abordant explicitement la question des seuils de libération), le stockage des déchets FA-VL, la phase industrielle pilote de Cigéo et sa réversibilité.

Afin d'apprécier de manière plus complète et objective les choix envisageables, elle recommande d'aborder, à l'occasion des débats publics sur la PPE et le PNGMDR, l'ensemble des questions développées dans le présent rapport, et notamment les suivantes :

¹⁸⁰ La fréquence de réalisation de ceux-ci mériterait d'ailleurs d'être adaptée à l'occurrence d'événements significatifs affectant le cycle.

¹⁸¹ Cour des comptes, rapport à la commission des finances du Sénat, *Le soutien aux énergies renouvelables*, mars 2018.

- (1) la possibilité d'intégration dans l'inventaire de référence de Cigéo des combustibles MOX et URE usés ;
- (2) les évaluations technico-économiques relatives aux différents scénarios de gestion du parc nucléaire décrits (voir *infra* sur le besoin d'éclairer les décisions par des considérations économiques).

D'autres questions devront également être abordées.

La première porte sur les **questions des effluents radioactifs**. Le périmètre du PNGMDR actuel exclut en effet la question des effluents radioactifs, c'est-à-dire les rejets radioactifs liquides dans la mer, comme à La Hague, ou dans les cours d'eau¹⁸². Cette question est aujourd'hui largement absente des débats relatifs à la gestion des matières et déchets radioactifs. Toutefois, dans son avis rendu au sujet du PNGMDR 2016-2018, l'Autorité environnementale recommande : « [...] pour les principales orientations stratégiques de gestion des matières et des déchets radioactifs, de produire une évaluation comparée des impacts pour la population et l'environnement (rejets et déchets) des différentes alternatives possibles ou envisagées et de démontrer leur cohérence avec les principes de gestion qui leur sont applicables ». Le PNGMDR 2016-2018 a également recommandé qu'une analyse comparative intégrant les rejets soit conduite pour la mise en place de nouvelles filières de gestion (par exemple, incinération des déchets de très faible activité).

La seconde porte sur les **liens entre déchets radioactifs et installations nucléaires futures**. L'inventaire national ne concerne pas aujourd'hui les déchets qui seront produits par le parc nucléaire futur, qu'il s'agisse des futurs EPR ou d'éventuels RNR de quatrième génération. Pourtant, comme le cahier d'acteur d'EDF de la PPE le suggère¹⁸³, les décisions relatives à la construction de nouveaux réacteurs approchent. L'Autorité environnementale avait recommandé, dans son avis sur le PNGMDR 2016-2018, « de préciser les conditions d'autorisation de nouvelles installations nucléaires de base, en l'absence de filière de retraitement de certains de leurs déchets ou en cas de saturation des installations de stockage existantes, voire de compléter le PNGMDR par un volet concernant cette éventualité ». Il conviendrait donc que la question soit posée en amont des prises de décision concernant le renouvellement du parc. Le débat public doit

¹⁸² L'article L. 542-1-1 du code de l'environnement exclut les rejets autorisés d'INB et d'INBS du champ d'application de leur cadre de gestion.

¹⁸³ Le cahier d'acteur d'EDF relatif au débat public sur la PPE indique que « être capables de disposer des GW que le pays, en temps voulu, estimera nécessaire suppose une décision prochaine : un engagement rapide conduit à une première mise en service d'une nouvelle centrale en 2030 ou peu après, et garantit la capacité à être au rendez-vous de 2050 sans remettre en cause la perspective de baisse des capacités nucléaires installées dans le pays ».

permettre de mettre en exergue le fait qu'au-delà de la gestion des déchets inéluctablement produits par le parc actuel, la question se posera à nouveau, dans des termes similaires, pour toute nouvelle installation nucléaire autorisée et qu'une nouvelle installation de stockage géologique profond ou l'augmentation des capacités de Cigéo serait nécessaire. Le projet de PPE envisage que la question soit posée en ces termes, puisqu'il propose que « l'analyse des impacts de la gestion des déchets générés par un nouveau parc, [...] sera instruite dans le cadre de l'élaboration du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs ».

III - Approfondir l'évaluation des scénarios de politique énergétique

La mise en débat des alternatives possibles pour la gestion des contraintes de l'aval du cycle sur la production électronucléaire doit être étayée par des considérations économiques et environnementales.

Comme expliqué au chapitre I (et dans l'annexe n° 4), les évaluations environnementales méritent encore d'être complétées, afin de répondre aux recommandations exprimées par l'Autorité environnementale dans son avis du 20 juillet 2016 sur le PNGMDR. Celle-ci recommandait que « le PNGMDR ou son rapport environnemental comporte, pour les principales orientations stratégiques de gestion des matières et des déchets radioactifs (notamment, retraitement des combustibles usés, schémas industriels de gestion), une évaluation comparée des impacts pour la population et l'environnement (rejets et déchets) des différentes alternatives possibles ou envisagées, et démontrent leur cohérence avec les principes qui leur sont applicables. » Les analyses économiques permettant des évaluations comparées des différents scénarios nécessitent également des données complémentaires.

A - Le besoin d'analyses économiques

Examinées sous l'angle de l'exigence de rentabilité pesant sur un opérateur privé, les difficultés de production rencontrées actuellement sur le MOX, auxquelles s'ajoutent les risques de baisse de volumes de retraitement (voir *supra*), pourraient mettre la filière en difficulté dès le début de la décennie 2030. En effet, Orano considère que toute dégradation des conditions contractuelles avec EDF est susceptible de faire perdre sa rentabilité à l'activité de retraitement, notamment en cas de baisse des volumes de retraitement, la part des coûts fixes dans l'activité étant élevée. La question se posera de façon encore plus cruciale au moment du renouvellement des installations (dans la mesure où l'augmentation des investissements pourrait se répercuter sur le prix du retraitement payé par EDF).

La question de la pertinence économique de la filière de retraitement des combustibles usés peut également être posée du point de vue de la société. Elle a été soulevée par la commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires¹⁸⁴. Cette dernière a ainsi proposé qu'une réflexion sur la poursuite ou non du retraitement des combustibles usés soit conduite, ceux-ci n'étant majoritairement plus réutilisés (absence de valorisation actuelle de l'URT) et présentant plusieurs risques.

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE s'est intéressée au sujet en 2013, en publiant une étude économique du cycle aval du combustible nucléaire¹⁸⁵. Cette étude a permis de comparer les stratégies de cycle ouvert, cycle fermé avec monorecyclage et cycle fermé avec multirecyclage. La comparaison a été effectuée sur la base des coûts complets « instantanés »¹⁸⁶ unitaires comparés des différentes stratégies. Les hypothèses prises sont conformes aux orientations technologiques choisies par la France¹⁸⁷. L'étude conclut que la stratégie de cycle ouvert est celle pour laquelle les coûts sont les plus faibles, tout en soulignant que les différences de coûts entre les trois stratégies se situent dans la marge d'incertitudes.

Effectuer cette analyse en tenant compte des spécificités françaises, et notamment de la situation des investissements existants, nécessiterait de disposer préalablement d'un certain nombre de données économiques. Or aujourd'hui, seuls le surcoût du recours au combustible MOX plutôt qu'UNE, et le coût par MWh du retraitement des combustibles usés – comprenant les coûts d'entreposage et de stockage associés –, sont disponibles. Compte-tenu des faibles coûts actuels d'approvisionnement en uranium, le recours au combustible MOX plutôt qu'UNE entraîne un surcoût important.

¹⁸⁴ Rapport n° 1122 de l'Assemblée Nationale fait au nom de la commission d'enquête sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires. Juillet 2018.

¹⁸⁵ NEA-OECD. *The Economics of the Back End of the Nuclear Cycle*. 2013.

¹⁸⁶ Comparaison des LCOE (*Levelized Cost of Electricity Generation*) qui constitue la méthodologie internationale de référence pour la comparaison des coûts de l'électricité.

¹⁸⁷ Les déchets ultimes HA et MA-VL sont stockés dans un stockage géologique profond ; le coût du cycle fermé avec monorecyclage, tel qu'il est pratiqué en France, prend en compte l'économie de ressource en uranium naturel induite par le recours au MOX et à l'URE – dans des proportions similaires à celles envisagées ou pratiquées dans le passé en France – ; le cycle fermé avec multirecyclage repose sur le recours aux réacteurs à neutrons rapides au sodium (tel que c'est envisagé en France).

Le coût par MWh du retraitement des combustibles usés, approché dans le cadre de ce rapport selon la méthodologie d'établissement des coûts des rapports de la Cour des comptes de 2012 et 2014 sur les coûts de production de l'électricité nucléaire, s'élève aujourd'hui à environ 6,1 €₂₀₁₇/MWh (voir annexe n° 8-§B pour le détail des calculs et les précisions sur les périmètres retenus et hypothèses associées). Ce montant peut paraître faible mais, si on le rapporte au coût de production de l'électricité nucléaire évalué par la Cour en 2014 à 60,8 €₂₀₁₇/MWh (59,8 €₂₀₁₃/MWh), il en représente environ 10 %, ce qui n'est pas négligeable¹⁸⁸. L'arrêt du retraitement ne permettrait pas, néanmoins, d'économiser ce montant, dans la mesure où d'autres modalités de gestion des combustibles usés (CU) engendreraient également des coûts. Un scénario de gestion des combustibles usés sans recours au retraitement impliquerait un stockage direct de ceux-ci. Les surcoûts de production du combustible MOX neuf et de retraitement des combustibles usés sont donc à mettre en regard avec l'économie de stockage direct de combustibles usés non traités.

Or il n'existe pas de chiffrage validé par l'ANDRA, des coûts de stockage des combustibles usés UNE, pas plus qu'il n'existe aujourd'hui de chiffrage des investissements nécessaires à la poursuite de l'activité des usines de La Hague au-delà de 2040. Il est donc à ce jour très difficile de répondre aux questions de la pertinence du renouvellement de la filière, dans la mesure où les données de l'analyse économique du point de vue de la collectivité n'ont pas été produites.

Récemment, seule une étude de l'institut I-tésé du CEA, réalisée en 2015 et intitulée « *Les stratégies de l'aval du cycle nucléaire pour la France, analyse et synthèse* », a tenté de répondre à ces questions, à la demande de la DGEC. La Cour observe que le périmètre de l'analyse ne comprend pas les coûts de développement et les surcoûts de production de l'électricité associés à la mise en œuvre d'un parc RNR, ce qui conduit à surestimer les bénéfices des scénarios comportant le développement de cette filière. Or les résultats de l'étude indiquent que les bénéfices d'un cycle fermé mixte REP/RNR par rapport à un cycle ouvert sont seulement de l'ordre d'un euro par MWh¹⁸⁹. Toutefois, il n'est pas exclu que les surcoûts de production dus au recours aux RNR puissent être plus élevés qu'un euro par MWh¹⁹⁰, ce qui annulerait le bénéfice économique en faveur du cycle REP/RNR. De même, la quantification des coûts d'arrêt

¹⁸⁸ Le périmètre de calcul des rapports de 2012 et 2014 de la Cour est néanmoins légèrement différent de celui adopté dans le cadre du présent rapport, voir annexe n° 8. Ces écarts de méthode n'ont que peu d'impact sur la valeur de l'estimation indiquée ici.

¹⁸⁹ En analyse statique, c'est-à-dire en regardant une « photo » de résultats pour un type de parc donné, sans prendre en compte la dynamique du parc.

¹⁹⁰ L'étude indique que les RNR auront un surcoût probable de 20 à 30 % par rapport aux réacteurs REP.

anticipé de l'usine de La Hague, analysée dans cette étude au regard de la seule destruction de valeur pour l'usine d'Orano, est critiquable : si le retraitement était interrompu, il y aurait effectivement une perte de valeur pour Orano sur cette activité, mais d'autres activités seraient en revanche créées (mais pas forcément au bénéfice d'Orano).

Les scénarios possibles pour le développement de la filière nucléaire à court et moyen termes (cf. I.B.), ainsi que les options de long terme, nécessiteraient d'être éclairés par des études semblables à celle conduite par I-tésé. Le partage et le débat de ce type d'analyses rendraient plus fiables leurs conclusions et seraient précieux pour le pilotage de la filière. Toutefois, les chiffrages économiques permettant d'alimenter ces études, comme évoqué *supra*, sont diffus, difficiles à appréhender, voire inexistantes.

B - Renforcer les capacités d'évaluation économique et environnementale

La DGEC a seule la responsabilité de réconcilier les aspects techniques, économiques, financiers et environnementaux relatifs aux enjeux de démantèlement et de gestion des matières et des déchets. La qualité du PNGMDR a été saluée lors d'une revue internationale par les pairs en janvier 2018. Toutefois la gouvernance actuelle de la filière à travers le PNGMDR semble s'orienter vers une accumulation de rapports, dont les modalités d'analyse par les commanditaires et de prise en compte dans les décisions publiques ne sont pas suffisamment définies au préalable, ni partagées avec les différents acteurs. Pourtant, les quantités d'informations produites sont importantes. En effet le PNGMDR 2016-2018 prescrit la réalisation de plus de 80 études, qui ne font pas, en pratique, l'objet d'une vision globale consolidée permettant d'éclairer pleinement les décisions en matière de gestion des matières et déchets radioactifs. La gouvernance gagnerait en efficacité si la DGEC et l'ASN, co-pilotes de l'animation du PNGMDR, disposaient d'une capacité accrue, en temps et en ressources, d'intégration et d'analyse stratégique de l'ensemble des éléments rendus.

La réalisation des études et la prise en compte de leurs conclusions dans l'élaboration du nouveau PNGMDR invitent à allonger la période de mise en œuvre de celui-ci. Une telle adaptation du cadre institutionnel, affinée à la lumière du premier débat public, permettrait aux autorités publiques d'être forces de propositions, d'aller plus loin que l'addition des recommandations des différents groupes de travail, qui expose au risque de n'en retirer que le plus petit commun dénominateur. Cet allongement de la durée de mise en œuvre du PNGMDR mérite d'autant plus d'être envisagé que le débat public, associé désormais à la préparation de chaque plan, nécessite des travaux supplémentaires de maîtrise d'ouvrage et est prévu pour s'étendre sur six mois.

Une consolidation des éléments de coûts, s'inscrivant dans la durée, est également nécessaire, tout comme le maintien d'une expertise économique publique sur le sujet. Or, les moyens dont dispose la DGEC pour mener à bien cette tâche semblent nettement insuffisants. Il est indispensable que l'administration se dote des compétences afférentes à cette mission de consolidation et d'évaluation des analyses techniques, économiques et financières produites par les exploitants et producteurs de déchets. Bien que l'administration ait accès à l'ensemble des informations et études économiques et financières de la filière, elle ne dispose pas des moyens nécessaires à l'établissement d'une contre-expertise approfondie des informations qui lui sont transmises. Le pilotage de la filière serait ainsi amélioré si le ministère de la transition écologique et solidaire s'organisait et se renforçait en vue de :

- (1) disposer des compétences nécessaires à la contre-expertise des travaux disponibles,
- (2) disposer des données nécessaires à la réalisation des études coûts-bénéfices de la filière,
- (3) réaliser lui-même de telles études.

La constitution de cette expertise contribuerait également à construire un regard critique sur les hypothèses sous-tendant les charges et provisions constituées par les producteurs de déchets radioactifs : hypothèses de coûts retenues, cohérence des chroniques d'entreposage et de stockage affichées dans le PNGMDR et des chroniques sous-jacentes aux charges et provisions constituées, cohérence des flux de décaissements prévisionnels pour Cigéo et des provisions afférentes, etc.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'entreposage des combustibles usés représente un paramètre clé de l'équilibre des flux de matières du cycle électronucléaire, qui est en tension. Le maintien de cet équilibre suppose que la proportion du recours au combustible MOX (part du MOX dans les combustibles totaux) soit maintenue à son niveau actuel. L'atteinte de l'objectif défini par la loi de transition énergétique pour la croissance verte, de baisse de la part du nucléaire dans le mix électrique, conduit à s'interroger sur les calendriers de fermeture de réacteurs à venir. Les analyses de la gestion du cycle montrent que la fermeture d'un nombre important de réacteurs de 900 MW moxés conduirait à la baisse de la quantité de combustibles usés retraités et donc à la saturation des piscines d'entreposage. Pour éviter ce risque, plusieurs alternatives sont possibles, dont celle retenue par la programmation pluriannuelle de l'énergie, qui consiste à « moxer » les réacteurs 1300 MW. Si la faisabilité technique de cette solution était confirmée, elle nécessiterait la mise en œuvre d'investissements significatifs.

Les choix sous-jacents aux décisions permettant de tenir compte des interactions fortes entre l'amont et l'aval du cycle sont aujourd'hui implicites. Ils n'ont pas été débattus dans le cadre du débat public sur la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Les débats publics, qui seront régulièrement organisés à l'occasion des actualisations de la PPE mais aussi du plan national de gestion des matières et déchets (PNGMDR), doivent permettre d'aborder ces questions, ainsi que d'autres thématiques importantes aujourd'hui absentes du débat public.

La mise en évidence des paramètres clés de la gestion du cycle du combustible nucléaire liés au fonctionnement du cycle aval serait facilitée par la mise en cohérence des scénarios prospectifs utilisés dans l'inventaire national des matières et déchets radioactifs, les dossiers « impact cycle », la PPE et le PNGMDR.

Afin d'éclairer de manière complète et objective les décisions de politique publique, la comparaison économique et environnementale des alternatives est nécessaire mais les données et études manquent sur ce sujet. Le bilan environnemental du cycle « fermé » reste en particulier à approfondir. La comparaison économique des différents scénarios possible d'évolution du cycle (maintien du cycle actuel, abandon du retraitement, développement des réacteurs à neutrons rapides permettant d'achever la fermeture du cycle, etc.) n'a pas été réalisée de façon fiable et exhaustive pour la situation française. Pourtant les enjeux sont importants, à la fois parce que les opérations d'aval du cycle nucléaire représentent une part non négligeable (environ 10 %) du coût de production de l'électricité nucléaire, mais également parce que les décisions relatives au renouvellement des installations de l'aval du cycle approchent.

Allonger la période de mise en œuvre du PNGMDR pourrait contribuer à améliorer l'intégration et l'analyse stratégique des éléments produits dans ce cadre, tout en tenant compte de l'apport du débat public associé à son élaboration.

Il importe également que les capacités d'évaluation du ministère de la transition écologique et solidaire soient renforcées, afin que celui-ci soit en mesure de contre-expertiser les aspects techniques, économiques, financiers et environnementaux des données et études des exploitants, et de produire les études coûts-bénéfices nécessaires à l'éclairage des alternatives de politique publique.

La Cour formule les recommandations suivantes :

- 7. expliciter, dans les débats publics sur la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) et la Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), les interactions entre l'amont et l'aval du cycle du combustible nucléaire (DGEC, 2019) ;*
 - 8. harmoniser les scénarios prospectifs de l'inventaire national des matières et déchets radioactifs, des dossiers « impact cycle », de la PPE et du PNGMDR, en identifiant notamment un scénario de référence qui leur soit commun (DGEC, 2019) ;*
 - 9. allonger la période de mise en œuvre du PNGMDR en tenant compte du retour d'expérience du premier débat public (MTES, 2019) ;*
 - 10. renforcer la capacité de contre-expertise des données des exploitants et de réalisation d'études coûts-bénéfices de scénarios d'évolution de la filière électronucléaire (MTES, 2019).*
-

Liste des abréviations

AEN	Agence pour l'énergie nucléaire rattachée à l'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs
APEC	Atelier pour l'entreposage du combustible neuf et usé de Creys-Malville exploité par EDF ASN Agence pour l'énergie nucléaire rattachée à l'organisation de coopération et de développement économiques (OCDE)
ASN.....	Autorité de sûreté nucléaire
ASND	Autorité de sûreté nucléaire de défense
BK	Piscine de désactivation située dans le « bâtiment combustible » à proximité immédiate du réacteur
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CIGÉO	Centre industriel de stockage géologique
CIRES	Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage exploité par l'ANDRA
CNE2	Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs
CODEM	Groupeement d'intérêt économique chargé des opérations de démantèlement de Marcoule fondé en 1996 et dissous en 2004
CSA.....	Centre de stockage de l'Aube exploité par l'ANDRA
CSM.....	Centre de stockage de la Manche exploité par l'ANDRA
CU	Combustible usé
DGEC.....	Direction générale de l'énergie et du climat, rattachée au ministère de la transition écologique et solidaire (MTES)
DSND.....	Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense
EPR	« <i>Evolutionary Power Reactor</i> » réacteur à eau pressurisée dit de troisième génération
FA	Faible activité
FMA	Faible ou moyenne activité
HA.....	Haute activité

HCTISN	Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire
ICEDA	Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets activés exploitée par EDF
INB.....	Installation nucléaire de base
INBS	Installation nucléaire de base secrète
LTECV	Loi de transition énergétique pour la croissance verte
MA	Moyenne activité
Melox	Usine de fabrication du MOX située à Marcoule exploitée par Orano
MOX	Combustible nucléaire à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium
OPECST.....	Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques
PIGD	Programme industriel de gestion des déchets
PNGMDR.....	Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs
PPE.....	Programmation pluriannuelle de l'énergie
Pu	Symbole chimique du plutonium
RCD	Reprise et conditionnement des déchets anciens
REP	Réacteur à eau pressurisée (réacteur de deuxième génération)
RNR	Réacteur à neutrons rapides (réacteur de quatrième génération)
TFA	Très faible activité
tML	Tonne de métal lourd (uranium ou plutonium notamment) contenu dans le combustible
tMLi	Tonne de métal lourd initial (avant irradiation)
U.....	Symbole chimique de l'uranium
Uapp.....	Uranium appauvri
UNE	Combustible à uranium naturel enrichi (également appelés UOX)
UP1	Première usine d'extraction de plutonium située à Marcoule et actuellement en cours de démantèlement
UP2-800	Usine de retraitement des combustibles irradiés à La Hague
UP3-A	Usine de retraitement des combustibles irradiés à La Hague
URE.....	Uranium de retraitement ré-enrichi
URT.....	Uranium de retraitement
VC	Vie courte
VL	Vie longue
W	Watt (unité de puissance)

- Wh..... Wattheure (unité d'énergie correspondant à l'énergie produite ou consommée par un système d'une puissance d'1 watt pendant une durée d'une heure)
- WIPP « *Waste isolation pilot plant* » (centre de stockage souterrain de déchets radioactifs militaires et issus de la recherche installé dans le sud-est du Nouveau-Mexique aux États-Unis)

Annexes

Annexe n° 1 :	liste des personnes rencontrées et des visites réalisées	134
Annexe n° 2 :	les réacteurs du parc nucléaire français.....	141
Annexe n° 3 :	flux de matières et déchets du cycle du combustible français.....	143
Annexe n° 4 :	analyse comparée du bilan environnemental d'un cycle électronucléaire « monorecyclage Pu » et d'un cycle ouvert.....	144
Annexe n° 5 :	éléments de comparaison internationale	147
Annexe n° 6 :	illustration du rapprochement entre les capacités d'entreposage et de stockage et les quantités actuelles et prospectives de matières et déchets.....	152
Annexe n° 7 :	les hypothèses de coûts retenues dans le chiffrage du projet Cigéo arrêté en 2016.....	154
Annexe n° 8 :	méthode d'établissement des coûts	156
Annexe n° 9 :	les scénarios de politique énergétique possibles tenant compte des contraintes de l'aval du cycle du combustible	162

Annexe n° 1 : liste des personnes rencontrées et des visites réalisées

Personnes rencontrées¹⁹¹

AEN (Agence pour l'énergie nucléaire rattachée à l'Organisation de coopération et de développement économiques)

- M. IRACANE, directeur général adjoint

AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique)

- M. ORRELL, chef de la section sûreté des déchets et de l'environnement à l'AIEA, et coordinateur AIEA de la mission Artemis

ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs)

- *M. ABADIE, directeur général*
- *Mme SAQUET, secrétaire générale*
- *Mme THABET, directrice sûreté, environnement, stratégie filière*
- *M. DENIS-VIENOT, responsable des relations institutionnelles*

APE (Agence des participations de l'État)

- *M. VIAL, commissaire aux participations de l'État, directeur général*
- *M. LE BIEZ, Directeur adjoint de participations Energie*

ASN (Autorité de sûreté nucléaire)

- *M. DOROSZCZUK, président*
- *M. GUPTA, directeur général*
- *Mme RIGAIL, directrice générale adjointe*
- *M. KASSIOTIS, directeur des déchets et installations de recherche et du cycle*
- M. POUBEAU, directeur de cabinet du directeur général
- M. VERNON, chef du bureau des installations du cycle du combustible
- Mme MAILLARD, cheffe du bureau de la gestion des déchets radioactifs

¹⁹¹ Les personnes auditionnées par la deuxième chambre figurent en italique.

ASND (Autorité de sûreté nucléaire de défense)

- *M. GUILLEMETTE, délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense (DSND)*
- *M. VAROQUAUX, directeur délégué de l'ASND*

Autorité environnementale

- *M. LEDENVIC, président*
- *M. VAUGLIN, rapporteur*

CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)

- *M. JACQ, administrateur général*
- *M. GORGUES, maître d'ouvrage assainissement-démantèlement CEA Marcoule*
- *Mme RAVON-BÉRENGUER, directrice financière et des programmes*
- *M. CHAPUT, directeur adjoint des applications militaires*
- *M. TOURON, chef de programme « aval du cycle futur »*

CGEFI (Contrôle général économique et financier)

- *M. ROSSI, responsable de la mission énergie, contrôleur général d'EDF*

CNE2 (Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs)

- *M. DUPLESSY, président*
- *M. LEROY, vice-président*
- *M. PIJAUDIER-CABOT, vice-président*
- *DEMEULENAERE, membre de la commission*
- *M. POMMERET, secrétaire général et conseiller scientifique*

DB (Direction du budget rattachée au Ministère de l'action et des comptes publics)

- *M. HAUTIER, sous-directeur de la 3ème sous-direction*
- *M. BICHET, chef du bureau 3BEP2*

DGEC (Direction générale de l'énergie et du climat rattachée au Ministère de la transition écologique et solidaire)

- *M. MICHEL, directeur général de l'énergie et du climat*
- Mme SCHWARZ, directrice de l'énergie
- *M. LOUIS, sous-directeur de l'industrie nucléaire*
- Mme LALAUT, cheffe du bureau « politique publique et tutelle de l'industrie nucléaire »
- M. MENSIRE, adjoint à la cheffe du bureau « politique publique et tutelle de l'industrie nucléaire »
- Mme CHATY, adjointe à la cheffe du bureau « politique publique et tutelle de l'industrie nucléaire »
- *M. DEPROIT, adjoint au chef du bureau « réglementation et affaires techniques »*
- M. JUSTIN, chargé de mission au sein du bureau « réglementation et affaires publiques »

DGPR (Direction générale de la prévention des risques rattachée au Ministère de la transition écologique et solidaire)

- M. MERLE, chef du service des risques technologiques
- M. BETTINELLI, chef de la mission de sûreté nucléaire et de radioprotection et secrétaire du Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire

DG Trésor (Direction générale du Trésor au Ministère de l'économie et des finances)

- *M. PONTVIANNE, chef du bureau « entreprises et intermédiaires d'assurance »*
- *M. CARLIER, adjoint au chef du bureau « entreprises et intermédiaires d'assurance »*
- *M. TAVENEAUX, adjoint au chef du bureau « entreprises et intermédiaires d'assurance »*

EDF (Électricité de France)

- *M. LEVY, président directeur général*
- *M. SASSAIGNE, directeur exécutif groupe en charge de la direction du parc nucléaire et thermique*

- M. MINIERE, directeur exécutif groupe en charge de la direction du parc nucléaire et thermique
- *M. GRANGER, directeur déconstruction et déchets*
- *M. LEPEE, directeur division combustible nucléaire*
- M. PAYS, directeur stratégies et risques (division du combustible nucléaire)
- *M. CLAVIER, secrétariat général, directeur chargé de mission*
- Mme MERY
- M. DELAVET

Mykle Schneider consulting

- M. SCHNEIDER

WISE Paris

- M. MARIGNAC

Global Chance

- M. LAPONCHE
- M. DESSUS

Experts indépendants

- M. THUILLIER
- M. ZERBIB

Framatome

- M. FONTANA, président directeur général
- M. BRAIDY, directeur général
- M. MARECHAL, CFO Fuel Business Unit

Haut-Commissariat à l'énergie atomique

- M. BRECHET, haut-commissaire à l'énergie atomique

HCTISN (Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire)

- Mme POUZYREFF, députée de la sixième circonscription des Yvelines, membre du Haut Comité
- Mme BLATON, secrétaire du Haut Comité (adjointe au chef de la mission pôle installations nucléaires de base, DGEC)

IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire)

- *M. NIEL, directeur général*
- *M. CHARLES, directeur général adjoint et responsable du pôle « sûreté des installations nucléaires »*
- M. PERES, directeur général adjoint et responsable du pôle « santé et environnement »
- M. GUILLAUME, directeur général adjoint et responsable du pôle « défense »

DGRI (Direction générale de la recherche et de l'innovation rattachée au Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation)

- M. RAVEL, directeur scientifique secteur énergie, développement durable, chimie et procédés
- M. GILLET, chargé de mission énergie nucléaire

Secrétariat général - Service de défense, de sécurité et d'intelligence économique du Ministère de la transition écologique et solidaire

- M. PAIN, haut fonctionnaire de défense et de sécurité adjoint au Ministère de la transition écologique et solidaire – chef de service

OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques)

- SIDO, sénateur de la Haute-Marne, membre de l'OPECST
- M. ROUGE, secrétaire de l'OPECST pour le Sénat

ORANO

- *M. KNOCHE, directeur général*
- *Mme AUGÉ, directrice des affaires publiques*
- M. LAFERRÈRE, directeur des affaires publiques
- M. GUAY, directeur du patrimoine nucléaire
- M. PALOMAR, chargé de mission auprès du directeur général
- *M. ROMARY, responsable MOA activité déchets et démantèlement*
- *M. SENENTZ, expert du cycle*

Réseau Sortir du nucléaire

- Mme MIJEON, chargée de communication médias et des relations extérieures

SFEN (Société française d'énergie nucléaire)

- Mme FAUDON, délégué générale
- M. DEVEZEAUX de LAVERGNE, président de la section économie de la SFEN et directeur analyses stratégiques du CEA
- M. LE NGOC, directeur de la communication et des relations institutionnelles

Visites réalisées et personnes rencontrées dans ce cadre

La Hague (50) - Usine de traitement

ORANO

- M. LIGNEY, directeur adjoint du site
- M. CAMUS, responsable feuille de route « avenir »
- M. LECONTE, responsable relations publiques du site

ACRO (Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'Ouest)

- GUILLEMETTE, représentant de l'ACRO à la CLI Orano La Hague

Bure (52 et 55) - Projet CIGÉO

ANDRA

- M. MAZOYER, directeur du centre de Meuse / Haute Marne
- M. TORRES, directeur des opérations industrielles

Groupeement d'Intérêt Public « Objectif Meuse » et Conseil départemental de la Meuse

- M. LEONARD, président

Groupeement d'Intérêt Public « Objectif Meuse »

- Mme VARNUSSE, directrice GIP OM

BURE Stop

- Mme MILLARAKIS, membre du CA
- Mme FRANCOIS

EODRA (Association des élus du Grand-Est opposés à l'enfouissement des déchets radioactifs)

- M. FLEURY, représentant de l'EODRA au CLIS
- M. SAHNINE

Marcoule (30) - Usine Melox et centre Centraco

CEA

- M. GUIBERTEAU, directeur du CEA Marcoule
- M. VIGNAU, adjoint au directeur de DDCC
- M. MARTINEZ
- M. PELLETIER
- M. BLANCHARD
- M. ROUET

Orano

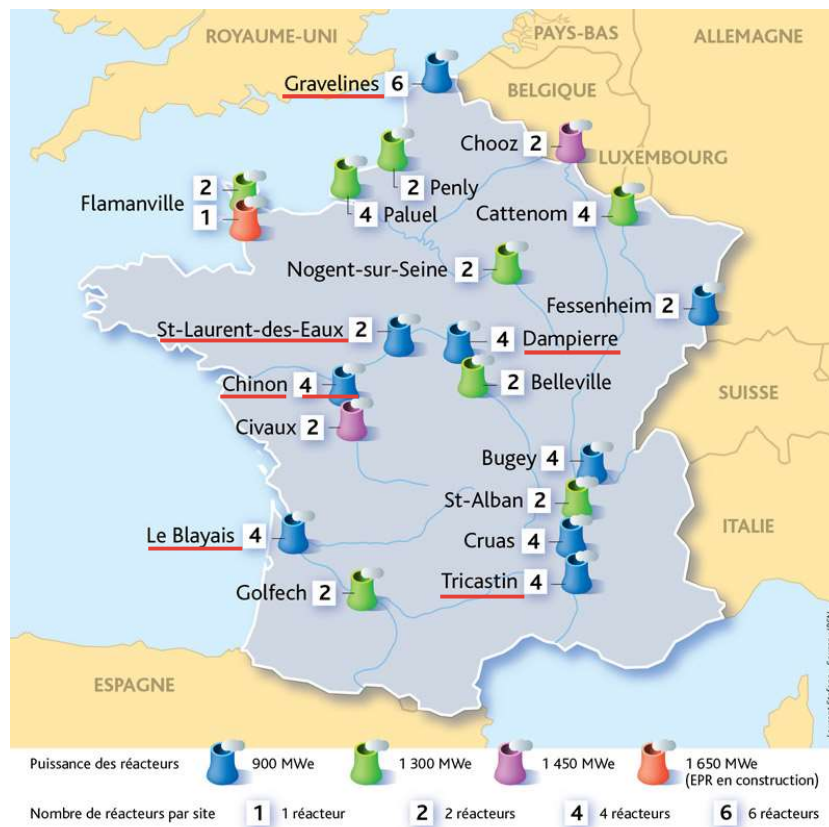
- M. MADELAINE, directeur de l'usine Melox
- M. FAURE
- M. PAYOT

Socodei (Société pour le conditionnement des déchets et des effluents industriels)

- M. VILLATEL, directeur général
- Mme BERTONCINI, directrice de la communication
- Mme ROBLOT, secrétaire générale
- M. BRAUD, directeur prospective innovation activités extérieures

Annexe n° 2 : les réacteurs du parc nucléaire français

**Carte du parc français de réacteurs en exploitation
au 31 décembre 2017**



Note : les réacteurs dont les noms sont soulignés sont autorisés à utiliser du combustible MOX
Source : IRSN et Cour des comptes

**Tableau n° 11 : caractéristiques du parc français de réacteurs
en exploitation au 31 décembre 2017**

<i>Palier - Puissance</i>	Nombre de tranches	Nom des réacteurs	Combustibles autorisés	Dates de mise en service
<i>CP0 - 900 MWe</i>	6	Fessenheim 1, 2	UNE	1977
		Bugey 2, 3, 4, 5	UNE	1978-1979
<i>CPY - 900 MWe</i>	18 CP1	Dampierre 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1980-1981
		Gravelines 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1980-1981
		Gravelines 5, 6		1984-1985
		Le Blayais 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1981-1983
		Tricastin 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1980-1981
	10 CP2	Chinon B 1, 2, 3, 4	MOX et UNE	1982-1983
		Cruas 1, 2, 3, 4	URE et UNE	1983-1984
		Saint Laurent B 1, 2	MOX et UNE	1981
<i>P4 - P'4 - 1 300 MWe</i>	8 P4	Flamanville 1, 2	UNE	1986
		Paluel 1, 2, 3, 4	UNE	1984-1985
		Saint Alban 1, 2	UNE	1985-1986
	12 P'4	Belleville 1, 2	UNE	1987-1988
		Cattenom 1, 2, 3, 4	UNE	1987-1991
		Golfech 1, 2	UNE	1990-1993
		Penly 1, 2	UNE	1990-1992
		Nogent 1, 2	UNE	1987-1988
<i>N4 - 1 450 MWe</i>	4	Chooz B 1, 2	UNE	1996-1997
		Civaux 1, 2	UNE	1997-1999

Source : Dossier « impact cycle » 2016, IRSN

Annexe n° 3 : flux de matières et déchets du cycle du combustible français

Récapitulatif des flux annuels (2017) du cycle du combustible français

<i>Chiffres pour 2017</i>	Combustibles usés	Plutonium	Uranium de retraitement (2)	Déchets radioactifs
<i>Production annuelle de matières et déchets</i>	UNE usés déchargés ¹⁹² : 1 044 tML URE usés évacués (1) : 57 tML MOX usés déchargés : 124 tML	9,85 tML	936 tML	Environ 870 colis vitrifiés soit 135 m ³ Environ 700 colis compactés soit 115 m ³
<i>Retraitement / valorisation annuel(le)</i>	UNE usés retraités : 985 tMLi URE usés retraités : 0 MOX usés retraités : 0	9,85 tML	URT valorisé : 0 tML (3)	N.A.
<i>Production annuelle de combustible recyclé neuf</i>	MOX neuf produit : 110 tML		URE neuf produit : 0 tML (4)	N.A.

(1) Ce flux d'évacuation d'URE usés vers La Hague correspond aux vestiges des chargements d'URE qui avaient lieu lorsqu'EDF avait recours au combustible URE produit à partir d'URT

(2) Cf. chapitre III.II.C.

(3) 590 tML en 2007-2012 (réacteurs Cruas). Prévisions: 270 tML à partir de 2023 et jusqu'à 1 130 – 1 340 tML en 2029

(4) 72 tML en 2007-2012 (Cruas). Prévisions à partir de 2023 : 150 à 176 tML.

Source : Cour des comptes d'après données EDF, Orano et HCTISN

¹⁹² Le combustible « chargé » correspond au combustible neuf (UNE, URE et MOX) chargé en cœur chaque année. Le combustible « déchargé » correspond au combustible irradié en cœur et sorti du cœur du réacteur en vue de son refroidissement en piscine de désactivation de la centrale dite « BK ». Le combustible « évacué » est le combustible qui est transporté des piscines de désactivation des centrales vers les piscines de refroidissement de La Hague en vue de son retraitement ou de son entreposage.

Annexe n° 4 : analyse comparée du bilan environnemental d'un cycle électronucléaire « monorecyclage Pu » et d'un cycle ouvert

L'article 9 de l'arrêté du 23 février 2017, pris en application du décret n° 2017-231 du 23 février 2017, lui-même pris en application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) demande à Areva, en lien avec le CEA, EDF et l'ANDRA, de « réalise[r] une analyse comparée des impacts pour l'environnement d'une stratégie de retraitement des combustibles usés en comparaison de celle qui résulterait de l'absence de retraitement, en considérant l'ensemble du cycle de vie du combustible, depuis l'extraction de l'uranium jusqu'au stockage des déchets induits ». Initialement attendue pour le 30 juin 2018, cette étude a été transmise par Orano au ministre chargé de l'énergie en décembre 2018¹⁹³. L'ASN a été saisie pour avis sur cette étude. La Cour présente les principaux éléments de cette étude ainsi que les observations qu'elle suscite.

Objectifs

Cette étude consiste en une analyse du cycle de vie (ACV) dont l'objectif est de comparer les bilans environnementaux de deux scénarios de cycle nucléaire :

- *un cycle partiellement fermé, avec retraitement du combustible usé UOX et monorecyclage du plutonium en combustible MOX mais sans recyclage de l'URT* comparable à celui pratiqué aujourd'hui en France (« cycle actuel ») ;*
- *un cycle dit « ouvert », sans retraitement du combustible usé.*

Cette analyse est réalisée « du berceau à la tombe » en prenant en compte l'ensemble du cycle de vie du combustible, depuis l'extraction de l'uranium jusqu'au stockage des déchets, en passant par les usines du cycle et les installations d'entreposage intermédiaire, et en tenant compte des transports induits.

¹⁹³ Analyse comparée des impacts pour l'environnement d'une stratégie de retraitement des combustibles usés en comparaison de celle qui résulterait de l'absence de retraitement (Orano, EDF, CEA). Décembre 2018.

Plusieurs indicateurs « d'impact potentiels » ont été utilisés. En complément des indicateurs utilisés dans une analyse de cycle de vie « classique » (impacts sur l'environnement et l'Homme), des indicateurs d'impact spécifiques à l'énergie nucléaire ont été employés (radiations, production de déchets et surface des entreposages).

Conclusions

L'étude conduit aux principaux constats suivants :

- Sur l'ensemble des indicateurs, les écarts entre les deux scénarios – cycle actuel et cycle ouvert – sont généralement faibles (75 % des indicateurs présentent moins de 20 % de différence en écart relatif) ;
- Le cycle actuel permet une économie de 10 % d'uranium naturel (soit 975 tonnes d'uranium par an) et entraîne ainsi mécaniquement une réduction de 10 % des impacts directement liés à l'extraction, tel que le volume des déchets miniers ;
- Le cycle ouvert présente des indicateurs plus faibles sur les rayonnement ionisants¹⁹⁴ (-27.6 %) et sur l'appauvrissement de la couche d'ozone (-25,7 %) que le cycle actuel sans qu'il soit évident d'appréhender ce que ces écarts impliquent en termes de risques sur la santé ou l'environnement ;
- En termes de production de déchets radioactifs (volumes des colis primaires), des écarts importants sont constatés entre le cycle actuel et le cycle ouvert : -66 % de « volume de déchets MA-VL » en faveur du cycle ouvert et +283 % de « volume de déchets HA » en défaveur du cycle ouvert. Dans le cas du cycle ouvert, tous les combustibles usés sont en effet considérés comme des déchets.
- Ces écarts sont directement liés à l'activité des usines de l'aval (qui n'existent pas dans un cycle ouvert) : le retraitement des combustibles usés et le conditionnement des déchets HA permettent, avec le cycle actuel, une réduction importante du volume de déchets HA au prix d'un accroissement du volume de déchets MA-VL. Au global, ces écarts conduisent à une dégradation du volume global des déchets (MA-VL + HA) destinés à Cigéo pour le cycle ouvert (+24 % en volumes de colis primaires). Il est à noter que, dans cette comparaison sur le stockage, pour le cycle actuel, les combustibles MOX et URE usés, ainsi que l'URT, sans emploi aujourd'hui, ne sont pas pris en compte car considérés comme des matières¹⁹⁵.

¹⁹⁴ Cet indicateur dépend notamment des rejets en ¹⁴C d'une part, de la modélisation des émissions de radon des résidus miniers d'autre part.

¹⁹⁵ Toutes ces matières sont prises en compte dans l'étude au titre de l'impact de leur entreposage.

La Cour observe que sur ces volumes de déchets, d'autres données plus significatives et appréhendables auraient mérité d'être considérées, notamment les emprises des déchets dans Cigéo et l'impact sur le projet (délais, coûts, etc.). Ces calculs d'emprises des déchets dans Cigéo avaient d'ailleurs été réalisés dans une étude du CEA de juin 2015 intitulée « Avancées des recherches sur la séparation-transmutation et le multirecyclage du plutonium dans les réacteurs à flux de neutrons rapides »¹⁹⁶. Ils permettaient notamment de mettre en exergue le fait que, pour un scénario intermédiaire où les MOX et URE usés étaient considérés comme des déchets et donc stockés dans Cigéo, la différence d'emprise dans Cigéo des déchets HA n'était plus que de + 32 % en défaveur du cycle ouvert. Ces éléments sur les emprises dans Cigéo sont en cours d'actualisation.

Axes d'amélioration

Au-delà de l'étude de sensibilité prévue pour évaluer les incertitudes liées aux données, évaluations et hypothèses utilisées dans cette ACV, les axes d'amélioration de cette étude seraient, selon la Cour, les suivants :

- La mise à disposition de données plus significatives sur le stockage des déchets ;
- La prise en compte de scénarios « intermédiaires » de stockage de certaines substances considérées aujourd'hui comme des matières mais qui pourraient devenir sans emploi à l'avenir (MOX, URE usés) ;
- La prise en compte de valeurs plus explicites et appréhendables en termes d'impacts environnemental et radiologique, pour permettre d'éclairer utilement la notion de « nocivité », sur laquelle l'Autorité environnementale a appelé l'attention.

Concernant ce dernier sujet, la Cour suggère que la prochaine version de cette étude ACV pourrait utilement être mise en lien avec la « méthodologie et les critères envisageables pour apprécier la nocivité des matières et déchets radioactifs » que l'IRSN a établi en septembre 2018¹⁹⁷ dans le cadre de l'article 1 de l'arrêté du 23 février 2017 relatif aux prescriptions du PNGMDR. Cette méthodologie est basée sur un jeu d'indicateurs simples permettant de quantifier la nocivité d'une matière ou un déchet radioactif dans quatre situations d'exposition, la combinaison de ces indicateurs permettant de couvrir les composantes chimiques et radiologiques de la nocivité et de tenir compte des effets sur l'homme et l'environnement.

¹⁹⁶ CEA. Avancées des recherches sur la séparation-transmutation et le multi-recyclage du plutonium dans les réacteurs à flux de neutrons rapides (cf. pages 66-67). Juin 2015.

¹⁹⁷ IRSN. Méthodologie et critères envisageables pour apprécier la nocivité des matières et déchets radioactifs. Septembre 2018.

Annexe n° 5 : éléments de comparaison internationale

I. Cycle ouvert ou fermé : situation internationale

1. Pays dotés de capacités de retraitement

L'**Inde** s'est engagée dans une politique de cycle « fermé », dans la perspective d'acquérir son autonomie énergétique via l'utilisation du thorium, abondant dans le sous-sol du pays. Elle possède déjà deux usines de retraitement-recyclage de combustible et deux nouvelles installations sont en construction. L'usine de Tarapur fabrique également du combustible MOX pour un prototype de réacteur à neutrons rapides.

La **Russie** retraite le combustible usé afin d'en extraire l'uranium et le plutonium valorisables. Avec deux réacteurs à neutrons rapides à sodium actuellement en exploitation et deux autres en projet, la Russie affiche une volonté de passer au cycle « fermé » à l'horizon de 2060-2070 en combinant les RNR et les REP. Une nouvelle usine de retraitement devrait voir le jour vers 2025-2030, avec l'objectif, affiché par les industriels russes, de réduire très significativement le volume des effluents radioactifs.

2. Pays se dotant de capacités de retraitement

La **Chine** affiche un objectif de cycle « fermé », même si les combustibles usés ne sont pas retraités de façon significative à l'heure actuelle¹⁹⁸. Elle prévoit de recycler les matières valorisables des combustibles usés sous forme de combustibles MOX, de manière similaire à ce qui se fait aujourd'hui en France. Ce déploiement industriel pourrait intervenir après 2030 une fois l'usine de retraitement-recyclage construite et mise en service. Une négociation est en cours entre Orano et un partenaire chinois à cette fin.

3. Pays ayant traité des combustibles usés ou s'orientant vers le retraitement et en attente de décision sur la poursuite de l'activité

Le **Royaume-Uni** a adopté une stratégie de cycle « fermé » dès le lancement de son industrie nucléaire. À cet effet, deux usines de retraitement de combustible ainsi qu'une usine de fabrication de MOX ont été construites à Sellafield. Ouverte en 1964, la première usine de retraitement devrait s'arrêter en 2020. Inaugurée en 1994, la seconde usine, *Thermal Oxide Reprocessing*

¹⁹⁸ La Chine a en fait peu investi, jusqu'à une date récente, sur le cycle du combustible, néanmoins, CNNC a tout de même construit sur le site de Diwopu de petites installations de retraitement (50 t/an) et de fabrication de combustible MOX.

Plant (THORP), est destinée au retraitement de combustible usé. Elle a connu divers incidents et périodes d'arrêt qui ont affecté ses performances et sa viabilité économique. Le Gouvernement britannique a décidé en 2012 sa fermeture, une fois les contrats de retraitement achevés (initialement prévu pour fin 2018). Enfin, ouverte en 2001, la troisième usine, dédiée à la production de combustible MOX, n'a produit que très peu de combustibles MOX¹⁹⁹ et a connu, en 2005, un important incident²⁰⁰ de fuite de matières radioactives liquides. Sa fermeture a été décidée en 2011. Ces usines étant ou arrivant à l'arrêt, le gouvernement britannique a entamé des réflexions afin de trouver un exutoire pour le stock de plutonium (filière MOX, stockage géologique, etc).

Le **Japon** s'est, dès le lancement de son industrie nucléaire dans les années 1950, engagé dans une stratégie de cycle « fermé ». La première usine de retraitement japonaise a démarré en 1977. Cette usine, qui a connu un accident de criticité en 1999 est définitivement arrêtée et sera démantelée. En 1984, les compagnies électriques japonaises ont sollicité la construction d'une usine de retraitement (RRP) et d'une usine de fabrication de combustible MOX (J-MOX). La construction de l'usine RRP a débuté en 1993. Elle accuse de nombreux retards, sa mise en service n'est pas prévue avant 2021. De même l'usine J-MOX ne sera pas mise en service avant 2022.

4. Pays ayant traité des combustibles usés et abandonné l'activité

L'**Allemagne** a d'abord opté pour une stratégie de cycle « fermé », la mettant en œuvre à l'échelle préindustrielle au début des années 1970. Cependant, l'accident de Tchernobyl a amorcé la politique de l'arrêt de l'utilisation de l'énergie nucléaire dans un délai de 10 ans, réaffirmée à l'occasion de l'affaire de « contamination de 1998²⁰¹ ». Le Gouvernement a imposé le stockage géologique direct et interdit le retraitement à partir de 2005. En 2000, un accord sur l'arrêt du nucléaire a été conclu. En 2011, suite à l'accident de Fukushima, la loi allemande sur le nucléaire a été modifiée pour planifier l'arrêt entre 2015 et 2022 des neuf centrales encore en activité.

¹⁹⁹ Prévue à la conception pour une production de 120 tonnes par an, elle n'a produit qu'environ 14 tonnes de combustible MOX durant toute sa durée d'exploitation.

²⁰⁰ Le 19 avril 2005, 83 000 litres de matière radioactive furent découverts dans une pièce en béton armé (conçue afin de recueillir les fuites) à l'usine de retraitement de Thorp à la suite d'une fuite dans une canalisation. L'enquête a montré que la fuite n'avait été formellement détectée qu'au bout de huit mois.

²⁰¹ En mai 1998, il a été rendu public que des combustibles usés en provenance de La Hague et de Sellafield avaient des taux de contamination supérieurs à 4 Bq/cm². Bien que le ministère de l'environnement confirme l'absence de danger pour la santé, les transports vers la France et le Royaume-Uni sont arrêtés.

5. Pays en cycle « ouvert »

Les **États-Unis** ont abandonné les études sur le retraitement-recyclage des combustibles usés en 1977, en particulier en raison des questions de prolifération liées aux procédés alors utilisés. Malgré des travaux de R&D menés par le département de l'énergie américain (DOE), et la construction d'une usine de transformation de plutonium militaire en MOX pour réacteurs civils, les États-Unis restent réticents au cycle « fermé ». Le DOE souhaite d'ailleurs arrêter ce dernier projet. Pour ce qui concerne le stockage des déchets hautement radioactifs, le scénario retenu est celui d'un stockage géologique profond, sur le site de *Yucca Mountain*, dans le Nevada, mais le projet est à l'arrêt depuis 2010, après la décision de l'administration Obama d'envisager des options alternatives. Prenant acte de cette décision, les opérateurs des centrales américaines, qui abondent un fonds destiné à la gestion de leurs combustibles usés géré par le DOE, ont poursuivi le gouvernement américain pour obtenir un dédommagement permettant de compenser les frais d'entreposage des combustibles qui auraient dû, sans la décision de fermeture, être stockés à *Yucca Mountain*. Selon l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)²⁰², le DOE verse annuellement, dans ce cadre, de l'ordre d'un milliard de dollars aux opérateurs. Cette somme s'ajoute aux 9 Md\$ de coût du site de *Yucca Mountain*, que l'administration Trump tente actuellement de relancer.

II. Gouvernance de la gestion des matières et déchets radioactifs

Au **Royaume-Uni**, une autorité publique est créée en avril 2005 à la suite de l'*Energy Act*. Placée sous l'autorité du ministère de l'économie, de l'énergie et de la stratégie industrielle, son champ de compétence couvre notamment la mise en place de la politique gouvernementale de gestion de long terme des déchets radioactifs, ainsi que le développement d'une stratégie nationale pour les déchets de faible activité. Les exploitants sont en charge des opérations de démantèlement et de gestion des déchets des sites dont ils ont la charge sous le contrôle de l'autorité publique²⁰³ compétente.

²⁰² Rapport au nom de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur l'évaluation du plan national de gestion des matières et déchets radioactifs 2016-2018, par M. Christian Bataille, député, et M. Christian Namy, sénateur, 9 mars 2017.

²⁰³ Par le biais d'un contrat avec celle-ci dans le cas des exploitants privés.

En **Russie**, l'ensemble des activités nucléaires relève de sociétés anonymes et d'entreprises publiques toutes membres de la corporation d'État Rosatom²⁰⁴, dont une des filiales est l'opérateur national pour la gestion des déchets radioactifs en charge du stockage définitif. Un registre des déchets radioactifs a été mis en place, ayant pour but l'accessibilité de l'information liée à la gestion des déchets nucléaires aux citoyens. Les exploitants doivent procéder à l'estimation et à la catégorisation des déchets produits au cours du démantèlement ainsi qu'à leur conditionnement pour le transport sur les sites d'entreposage ou de stockage.

En **Allemagne**, deux entités ont été créées sous la tutelle du ministre fédéral de l'environnement, de la protection de la nature, du bâtiment et de la sûreté nucléaire : l'office fédéral pour la sûreté de la gestion des déchets nucléaires en tant qu'autorité responsable pour l'autorisation et la supervision des stockages définitifs, et la société fédérale pour le stockage définitif responsable de l'exploration, la construction, l'exploitation et la fermeture des centres de stockage. Un fonds public de 23,5 Md€ a été créé. Après contribution à ce fonds, les énergéticiens ne sont plus tenus responsables financièrement de la gestion des déchets nucléaires.

Au **Japon**, la gestion des déchets de haute activité relève de la NUMO (*Nuclear Waste Management Organisation of Japan*), créée en 2000 et dont les fonds sont issus de provisions des compagnies électriques, gérés sous la tutelle du ministère de l'économie, du commerce et de l'industrie. Les déchets de faible activité issus des centrales nucléaires commerciales sont pris en charge par la compagnie publique japonaise JNFL (*Japan Nuclear Fuel Limited*) dans le centre de stockage de Rokkasho-Mura.

En **Inde**, la gestion de l'ensemble des filières de stockage et d'entreposage est placée sous la responsabilité du département de l'énergie atomique. Les réglementations et leur suivi sont du ressort de l'autorité de sûreté indienne. Le financement est assuré par des fonds publics. Les activités de démantèlements, de l'aval du cycle du combustible nucléaire et du stockage des déchets radioactifs sont gérées par le département de l'énergie atomique et ses organismes associés.

²⁰⁴ *State Atomic Energy Corporation Rosatom.*

En **Chine**, les déchets FMA sont conditionnés par l'exploitant, alors que la compagnie nucléaire historique²⁰⁵ est responsable du transport, du choix des sites de stockage, de leur construction et de leur exploitation. Les projets de stockage des déchets nucléaires de haute activité sont portés par l'administration compétente²⁰⁶ en matière de programmation de l'industrie du cycle nucléaire civil. La construction des centres de stockage est financée conjointement par l'État et les exploitants. Une fois le centre opérationnel, les producteurs de déchets financent seuls son exploitation.

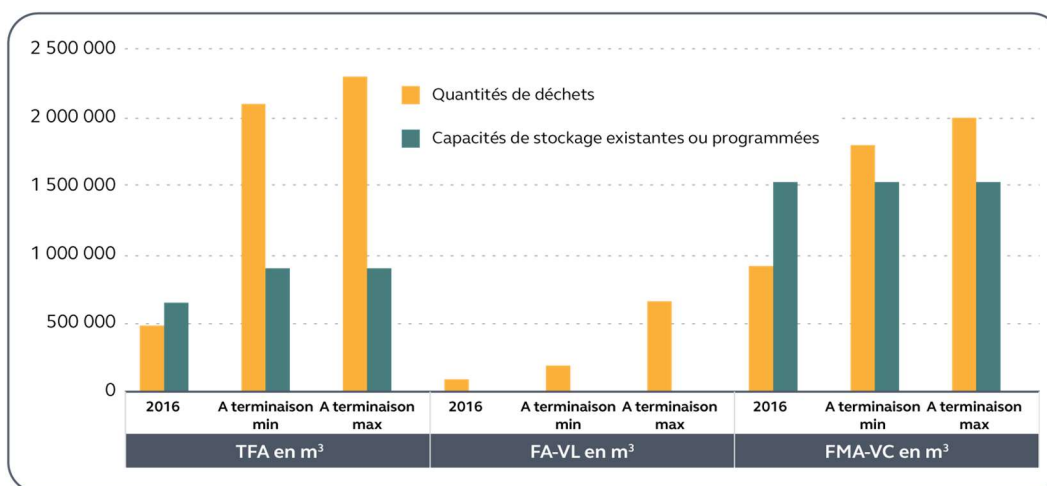
Aux **États-Unis**, la responsabilité de la gestion à long terme des combustibles usés et des déchets haute activité est assurée par le département de l'énergie américain (DOE). Le stockage des déchets de faible activité est effectué par des sociétés privées sur la base de contrats commerciaux avec les producteurs. L'exploitation des sites est règlementée par l'autorité de sûreté qui s'appuie sur les États hôtes pour la supervision. Le coût du stockage des déchets est supporté par les producteurs.

²⁰⁵ La *China National Nuclear Corporation* (CNNC).

²⁰⁶ La *China Atomic Energy Administration* (CAEA).

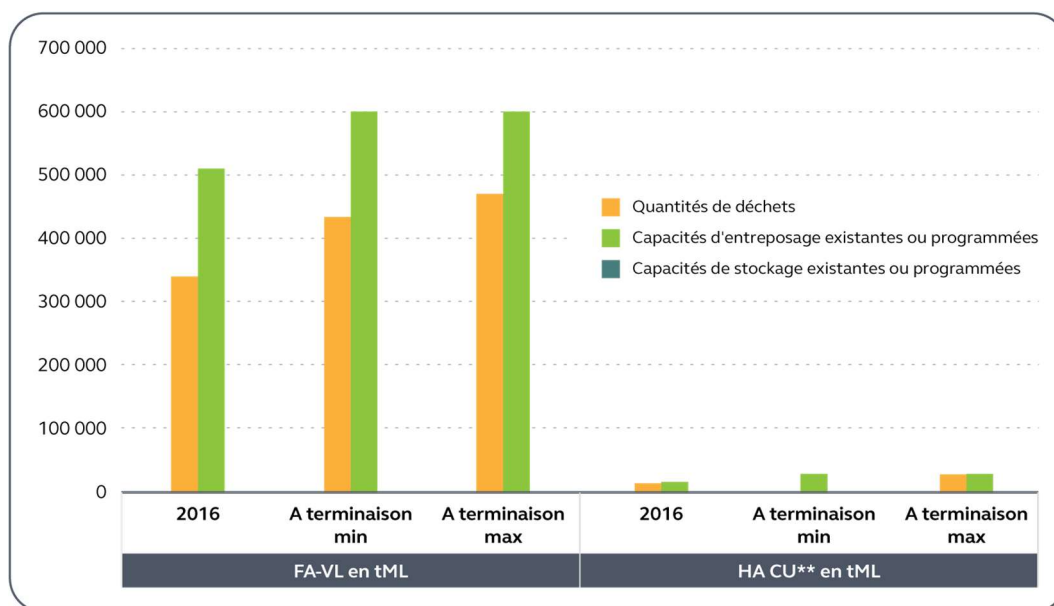
Annexe n° 6 : illustration du rapprochement entre les capacités d'entreposage et de stockage et les quantités actuelles et prospectives de matières et déchets

**Graphique n° 7 : mise en perspective des quantités actuelles
et prévisionnelles de déchets TFA, FA-VL et FMA-VC
avec les capacités de stockage actuelles et projetées**



*Note : Les quantités « à terminaison min et max » correspondent aux valeurs minimales et maximales des différents scénarios de l'inventaire national. Les capacités de stockage et d'entreposage sont celles engagées à date et non à terminaison.
Source : compilation Cour des comptes*

Graphique n° 8 : mise en perspective des quantités actuelles et prévisionnelles de matières qui seraient requalifiées en déchets FA-VL* et HA CU selon certains scénarios avec les capacités d'entreposage actuelles et projetées**



Note : Les quantités « à terminaison min et max » correspondent aux valeurs minimales et maximales des différents scénarios de l'inventaire national. Les capacités de stockage et d'entreposage sont celles engagées à date et non à terminaison.

** Les FA-VL exprimés en tML correspondent aux matières (URT et Uapp) qui seraient requalifiées dans cette catégorie de déchets dans certains scénarios de l'inventaire national.*

*** Les HA CU exprimés en tML correspondent à tous les combustibles usés qui seraient requalifiés en déchets de haute activité dans certains scénarios de l'inventaire national.*

Source : compilation Cour des comptes

Annexe n° 7 : les hypothèses de coûts retenues dans le chiffrage du projet Cigéo arrêté en 2016

Le **coût de base de génie civil des bâtiments nucléaires**²⁰⁷ a été estimé à 1 590 €/m³ de béton pour le gros œuvre et second œuvre, alors que le retour d'expérience de deux des principaux industriels du secteur faisait état de fourchettes situées entre 2 000 et 3 000 €/m³ de béton et qu'aucun des cinq industriels interrogés par l'ANDRA²⁰⁸ n'a produit de valeur inférieure à 1 800 €/m³.

Le **coût de génie civil des alvéoles destinées au stockage des déchets de haute activité** a été estimé à 1,22 Md€, sur la base de 2 400 €/ml pour l'excavation et de 5 300 €/ml pour le chemisage. Le parangonnage avec des données retenues dans d'autres chantiers permet d'estimer des coûts supérieurs de 400 €/ml pour l'excavation et de 1 700 €/ml pour le chemisage, soit un coût supérieur de 25 % au coût retenu par l'ANDRA²⁰⁹.

Le **coût de démantèlement des bâtiments nucléaires** de Cigéo, à opérer lors de la fermeture du centre, a été estimé à 147 M€ par l'ANDRA, sur la base d'un ratio de 10 % du coût de construction, qu'elle qualifie elle-même de « volontariste », et qui est de fait inférieur au ratio de 16 % estimé par le maître d'œuvre système retenu par l'ANDRA (groupement Gaiya, constitué des deux sociétés d'ingénierie Technip & Ingérop).

Pour ce qui concerne le **coût de l'énergie** et la consommation électrique, une dépense totale de 1,41 Md€ en coûts bruts a été retenue, sur la base d'une valeur du MWh de 57,1 €. Sur la base d'une valeur de 70 €/MWh, la dépense serait supérieure de 300 M€.

²⁰⁷ Exprimé en €₂₀₁₁, tout comme le coût de génie civil des alvéoles dans le paragraphe suivant.

²⁰⁸ Bouygues, Vinci, Eiffage, GCC, Razel.

²⁰⁹ L'ANDRA retient une plage d'incertitude de + 25 % par rapport au coût de base (cf. document technique « *Chiffrage Cigéo en phase d'esquisse, évaluation des incertitudes d'estimation* », numéroté CG.TE.F.NTE.AMOA.RSQ. 0000.14.0077/B, octobre 2014).

Les coûts de **maîtrise d'œuvre de conception et de réalisation** sont estimés à 2,16 Md€ et ceux de maîtrise d'ouvrage à 1,21 Md€. L'ANDRA a retenu un ratio de 6 % concernant le taux de maîtrise d'œuvre pour les installations conventionnelles de surface et les installations transverses, sur la base du retour d'expérience d'EDF, et ce bien que le retour d'expérience de l'ANDRA pour le CIREs soit de 14 %²¹⁰. Pour les installations souterraines, un ratio de 11 % a été retenu par l'ANDRA pour la première tranche et de 8 % pour les tranches ultérieures²¹¹. Ces taux sont plus faibles que ceux retenus pour le chantier du tunnel sous la Manche (23 %), ou celui d'extension du métro de Barcelone (13 %).

S'agissant de la **maintenance**, les équipements de manutention sont supposés être renouvelés tous les 65 ans et les équipements informatiques tous les 20 ans. Pour ce qui concerne les pièces de rechange, dont le coût brut est estimé à 784 M€, l'ANDRA convient d'ailleurs « qu'il n'est pas pris en compte de renforcement de la maintenance avec le vieillissement des installations, malgré des hypothèses optimistes sur la durée de vie des équipements²¹² ».

²¹⁰ Données issues du document technique de l'ANDRA numéroté CG.TE.F.NTE.AMOA.EEE.0000.14.0067/B, octobre 2014.

²¹¹ L'ANDRA considère que ces taux prennent en compte, pour les tranches ultérieures, le fait que la tranche 1, traitant d'ouvrages analogues, aura déjà été étudiée.

²¹² ANDRA. Document technique « *Chiffrage Cigéo en phase esquisse – estimation du coût de base de l'exploitation* », numéroté CG.TE.F.NTE.AMOA.EEE.0000.14.0068/B. Octobre 2014.

Annexe n° 8 : méthode d'établissement des coûts

A - Périmètre et hypothèses prises en compte pour le calcul des coûts d'exploitation et d'investissements des centres de stockage (hors Cigéo) et d'entreposage des matières et des déchets

Au chapitre II.III.C, la Cour présente un exercice d'évaluation reposant sur la compilation des prévisions de coûts d'exploitation et d'investissement pour les installations d'entreposage et de stockage des différents exploitants, hors Cigéo. La cohérence des chroniques d'entreposage des matières et de stockage des déchets entre elles et la compatibilité de ces projections avec un scénario particulier de l'inventaire national n'ont pu être vérifiées. Ces projections correspondent toutefois aux anticipations des exploitants dans une trajectoire de poursuite de la production électronucléaire, c'est-à-dire correspondant aux scénarios SR1 à SR3²¹³ de l'inventaire national.

²¹³ La durée de projection à 2050 ne permet pas de distinguer les scénarios qui comptent sur un déploiement des RNR des autres.

**Coûts d'exploitation annuels constatés et prévisionnels
des principaux sites de stockage (hors Cigéo) et d'entreposage
des matières et des déchets**

<i>En M€ constants 2017 (hypothèse d'inflation 1,5 % y compris sur le constaté)</i>	2013-2017 Coûts annuels moyens constatés	2020 prévisionnels	2030 prévisionnels	2040 prévisionnels	2050 prévisionnels
Centres de stockage des déchets TFA et FMA-VC (ANDRA)	54,3	57,6	55,1	64,0	50,9
Sites d'entreposage des déchets	15,5	26,9	37,0	46,7	58,8
Répartition par types d'installations					
<i>HA et MA-VL</i>	14,8	26,2	36,0	45,3	56,9
<i>Autres entreposages de FMA et TFA</i>	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
Répartition par exploitant					
<i>ORANO</i>	6,9	7,4	8,7	10,0	11,7
<i>EDF</i>	0,2	9,6	11,6	13,5	15,7
<i>CEA</i>	8,3	9,9	16,7	23,1	31,5
Sites d'entreposage des matières	67,7	77,1	136,7	132,1	154,8
Répartition par types d'installations					
<i>Combustibles usés et rebuts MOX</i>	55,1	63,6	121,0	113,8	133,6
<i>dont UNE usés</i>	40,3	46,4	30,9	35,9	41,6
<i>dont MOX et URE usés</i>	10,4	12,0	45,5	52,8	61,3
<i>dont rebuts MOX</i>	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6
<i>Pu</i>	6,2	6,7	7,7	9,0	10,4
<i>URT</i>	4,2	4,5	5,2	6,1	7,0
<i>Uapp</i>	2,2	2,4	2,8	3,2	3,8
Répartition par exploitant					
<i>ORANO</i>	32,0	34,5	40,0	46,4	53,9
<i>EDF</i>	29,3	36,4	90,6	77,3	89,7
<i>CEA</i>	6,4	6,2	6,1	8,4	11,2
TOTAL	137,7	161,7	228,9	242,8	264,6

Installations couvertes : CIREs, CSA, CSM de l'ANDRA, ICEDA, APEC, piscines BK et future piscine d'entreposage centralisée d'EDF, Entreposages d'URT, d'Uapp, de Pu, de colis vitrifiés et compactés d'Orano, CASCAD, PEGASE, EIP, MAGENTA, CEDRA et CRE TFA du CEA.

Hypothèses retenues : Les coûts d'exploitation sont affectés aux détenteurs « provisoires » des substances et non aux propriétaires. Les coûts des travaux annuels sont retranchés des coûts d'exploitation pour les centres de stockage de l'ANDRA, ils sont comptabilisés dans les investissements. Les coûts d'exploitation des piscines BK sont calculés sur la base de ceux des piscines de La Hague, en appliquant un ratio sur les capacités. Les coûts sont prolongés jusqu'en 2050 même si les installations ne sont pas autorisées jusqu'à cette date. Les coûts prévisionnels des entreposages et stockages exploités par Orano sont considérés constants par rapport à 2017, de même pour les coûts des piscines BK. Les coûts d'exploitation de la piscine d'entreposage centralisée sont considérés constants à partir de 2030, ils comprennent les coûts de jouvence, les coûts d'acquisition des équipements, les coûts variables d'exploitation, les coûts fixes d'exploitation et les impôts taxes et assurances. La répartition des coûts des combustibles usés est prise selon leur ratio d'occupation des piscines de la manière la suivante : MOX et URE usés (19 % des piscines BK et de La Hague puis, à partir de 2030, 90 % de la piscine d'entreposage centralisée et 10 % des piscines BK), UNE usés (73 % des piscines de La Hague et BK), rebuts de fabrication du MOX (4,7 % des piscines de La Hague et BK).

Source : Cour des comptes d'après données des exploitants de centres d'entreposage et de stockage

Investissements cumulés constatés et prévisionnels sur les principaux sites de stockage et d'entreposage des matières et des déchets

<i>En M€ constants 2017 (hypothèse d'inflation 1,5 % y compris sur le constaté)</i>	2014-2017 constatés	Entre 2018 et 2030 prévisionnels	Entre 2030 et 2040 prévisionnels	Entre 2040 et 2050 prévisionnels
<i>Répartition par types d'installations</i>				
<i>Sites de stockage des déchets</i>	52,5	83,4	63,0	38,6
<i>Sites d'entreposage des déchets</i>	201,1	519,8	357,8	431,7
<i>Sites d'entreposage des matières</i>	1,4	756,1	567,5	0,0
<i>Répartition par exploitant</i>				
<i>ANDRA</i>	52,5	83,4	63,0	38,6
<i>EDF</i>	55,0	778,1	620,4	87,2
<i>Orano</i>	72,0	348,9	336,7	344,3
<i>CEA</i>	75,6	149,0	0,4	0,1
Investissements cumulés sur la période	255,1	1 359,4	988,3	470,3

Installations couvertes : CIREs, CSA, CSM de l'ANDRA, ICEDA, APEC, piscines BK et future piscine d'entreposage centralisée d'EDF, Entreposages d'URT, d'Uapp, de Pu, de colis vitrifiés et compactés d'Orano, CASCAD, PEGASE, EIP, MAGENTA, CEDRA et CRE TFA du CEA.

Hypothèses retenues : Les scénarios de remplissage des installations utilisés sont ceux des exploitants. Pour les stockages de déchets de l'ANDRA, les coûts des travaux sont inclus dans les flux d'investissements. Aucun investissement n'est comptabilisé pour les piscines de La Hague et les piscines BK. Les investissements relatifs à la piscine d'entreposage centralisé sont répartis entre 2020 et 2030 pour la première phase de travaux (60 %) et entre 2030 et 2040 pour la deuxième phase travaux (40 %), les coûts de déconstruction ne sont pas considérés sur la période. Les investissements pour les entreposages de déchets vitrifiés et compactés pour les périodes au-delà de 2030 ont été considérés comme identiques aux investissements annuels moyens sur la période 2018-2030.

Source : Cour des comptes d'après données des exploitants de centres d'entreposage et de stockage

B - Périmètre et hypothèses pris en compte pour le calcul des coûts de retraitement/conditionnement/entreposage/stockage des combustibles (chapitre IV)

Les coûts annuels de retraitement, conditionnement, entreposage, et stockage des combustibles (incluant l'entreposage de l'URT, ainsi que l'entreposage et le stockage des MOX et URE usés), mentionnés au chapitre III.A présentés ci-dessous dans le tableau n° 11, ont été établis selon la méthodologie retenue par la Cour dans ses rapports sur les coûts de production de l'électricité nucléaire de 2012 et 2014.

Toutefois, les rapports de la Cour de 2012 et 2014 avaient adopté un périmètre de calcul des coûts du nucléaire qui ne prenait pas en considération toutes les dépenses liées à l'aval du cycle. En effet, le rapport de 2014 ne prenait pas en compte (1) les dépenses d'exploitation associées à l'aval du cycle, (2) le loyer économique des installations autres que le parc de réacteur d'EDF. Ces deux postes de dépenses sont intégrés dans le calcul du tableau n° 11.

Cette méthode permet de rendre compte du coût global moyen de retraitement des combustibles usés et de la gestion des matières et déchets afférents. La prise en compte d'un loyer économique pour les installations de La Hague permet de refléter le coût du capital investi : le loyer économique permet en effet d'incorporer un coût égal à la reconstitution des capitaux nécessaires pour procéder à un renouvellement théorique des installations « à l'identique ».

Ce coût ne doit donc pas être confondu avec le prix actuellement payé par EDF à Orano pour les prestations de retraitement des combustibles usés (qui est *in fine* répercuté sur les consommateurs). Celui-ci est plus faible notamment car l'usine UP3 de La Hague a été financée par des industriels étrangers. Ce coût ne représente pas non plus l'économie nette par kWh qui pourrait être attendue d'un arrêt du retraitement car si le retraitement était arrêté, d'autres solutions de gestion des combustibles usés devraient être mises en œuvre, qui auraient également un coût.

Les périmètres et hypothèses relatifs aux différents postes de coûts sont les suivants :

- OPEX : coûts d'exploitation imputables à l'activité de retraitement des combustibles usés d'EDF ;
- Investissements : investissements sur les usines UP2-800 et UP3 de La Hague nécessaires au maintien des volumes de retraitement pour le compte d'EDF ;
- Charges annuelles de provisionnement :

Pour Orano :

- les charges annuelles de démantèlement des installations UP2-800 et UP3 de La Hague et des installations d'oxydation et entreposage de l'URT à Pierrelatte : il s'agit de la dotation aux amortissements de l'actif de contrepartie et de la charge financière de désactualisation ;
- les charges annuelles de provisions pour gestion future des combustibles usés et des déchets : il s'agit de la dotation aux provisions et de la charge de désactualisation relatives à la gestion des déchets HA et MA-VL, issus de l'activité de retraitement des combustibles usés et dont Orano est propriétaire (cela n'inclut pas les charges pour entreposage des déchets alpha ou des rebuts de fabrication du MOX) ;

Pour EDF :

- Les charges annuelles de provisions pour gestion future des combustibles usés et des déchets : il s'agit de la dotation aux provisions post arrêt du retraitement à la Hague et de la charge de désactualisation pour les substances dont EDF est propriétaire, à l'entreposage et au stockage des déchets HA et MA-VL, à l'entreposage et au stockage des MOX et URE usés. À la différence des rapports de 2012 et 2014, les provisions ne prennent pas en compte la provision pour les déchets d'exploitation et celle du dernier cœur.
- Loyer économique : la méthode de calcul du loyer économique est précisée dans l'annexe 14 du rapport de 2012 de la Cour des comptes. La durée de vie des investissements UP2-800 et UP3 de La Hague prise en compte est de 50 ans. Le taux de rémunération du capital considéré est de 6,30 %, le taux moyen d'inflation supposé sur la période est de 2 %.

La production en TWh une année n, utilisée pour exprimer le coût en euros par MWh, se rapporte à une quantité de combustibles utilisés qui n'est pas forcément identique à celle des combustibles usés traités dans les installations de La Hague cette même année n.

**Tableau n° 12 : coûts annuels du retraitement, entreposage
et stockage des combustibles usés (incluant l'entreposage de l'URT
et l'entreposage et stockage des combustibles MOX et URE usés)**

En M€ HT aux CE du 31/12/2017	2013	2014	2015	2016	2017
OPEX (dépenses exploitation)*	615	654	831	811	723
Total investissement **			177	136	157
Charge annuelle de provisionnement pour démantèlement des installations de La Hague et Tricastin (Orano)	53	52	47	62	73
Charge annuelle de provisionnement pour gestion des déchets et combustibles usés (EDF et Orano)	229	238	238	259	232
Loyer économique des installations de La Hague***	1 243	1 268	1 293	1 319	1 346
Total	2 140	2 212	2 587	2 587	2 532
Production en TWh	404	416	417	384	379
Coût en €/MWh	5,3	5,3	6,2	6,7	6,7

* Les OPEX de 2015 et 2016 comprennent des règlements des contrats antérieurs à la période contractuelle en cours.

** Les investissements dits « NCPF » relatifs aux évaporateurs de La Hague ont été amortis sur une durée de vie de 19 ans.
Les autres investissements relèvent de la maintenance courante.

*** Le calcul du loyer économique comprend l'usine UP3, qui a été financée par les clients étrangers.

Source : Cour des comptes, d'après données Orano et EDF

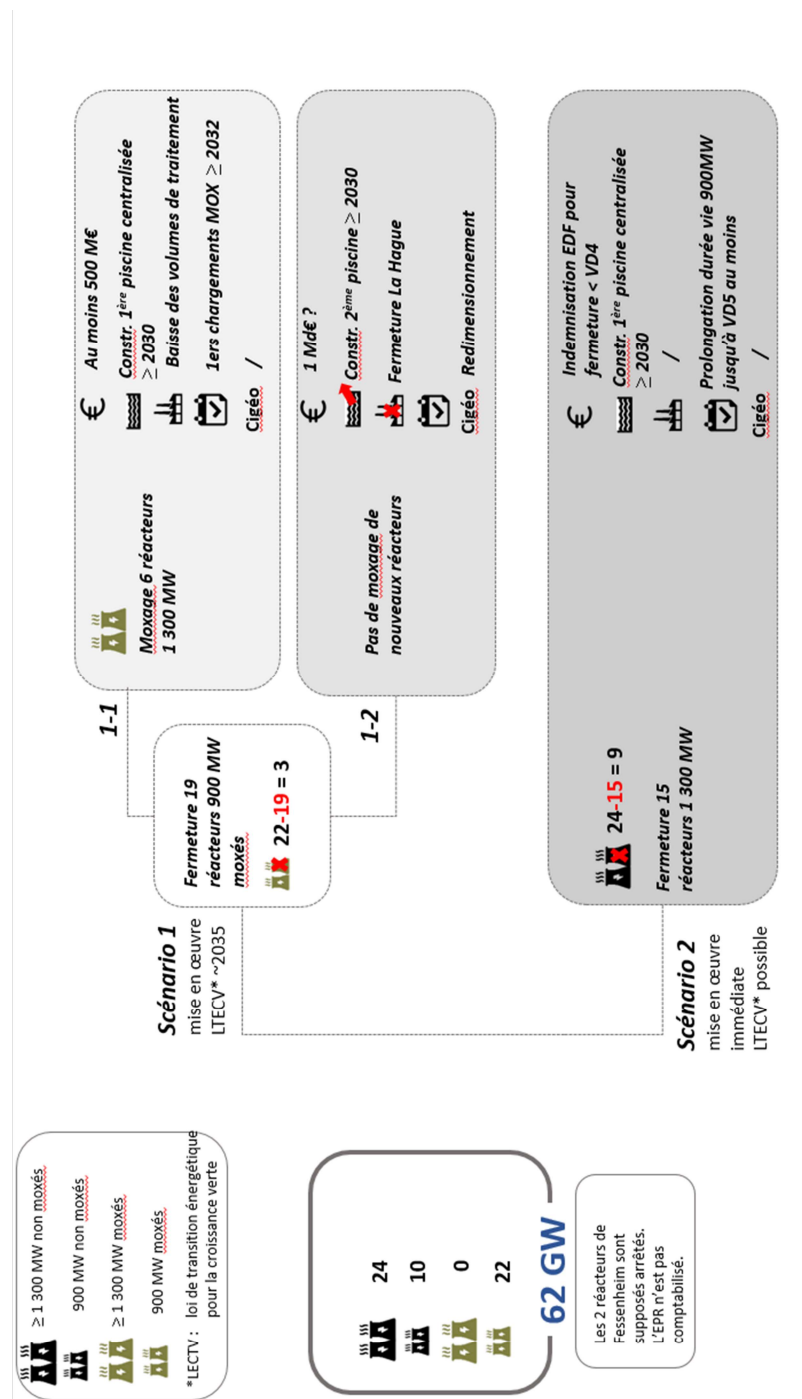
Annexe n° 9 : les scénarios de politique énergétique possibles tenant compte des contraintes de l'aval du cycle du combustible

Les options développées dans le chapitre IV.I.B sont résumées dans l'arbre de décision schématisé ci-dessous. Ce schéma n'a pas de portée prédictive mais illustrative : il met en lumière les options telles qu'elles ont été envisagées par le dossier IC 2016, c'est-à-dire l'atteinte des objectifs de la LTECV via la fermeture de réacteurs 900 MW moxés ou via l'arrêt de réacteurs 1 300 MW.

Le nombre de réacteurs 1 300MW à moxer pour pallier la fermeture des 19 réacteurs 900 MW moxés n'est pas défini précisément car il n'a pas fait l'objet d'une hypothèse du dossier IC 2016 en tant que telle. Le chiffre de 6 réacteurs 1 300 MW moxés a été retenu car il représente le nombre maximal de réacteurs 1 300 MW à moxer envisagé par EDF. Cela ne garantirait cependant pas le maintien des volumes de retraitement aux niveaux préexistant à la fermeture des réacteurs 900 MW moxés.

Pour mémoire, la question de l'évolution du parc de réacteurs 1 300 MW devrait également être analysée au regard des objectifs de résorption des stocks d'URT (voir chapitre III) : en effet, si le recyclage de l'URT ne devait reposer que sur le palier 1 300 MW, il faudrait 12 tranches 1 300 MW pour résorber le stock d'URT à l'horizon 2050.

Arbre de décision relatif à la gestion du parc nucléaire tenant compte des contraintes de l'aval du cycle, hypothèses du dossier IC 2016 (19 réacteurs de 900 MW moxés fermés)



Source : Cour des comptes

Réponses des administrations et des organismes concernés

Sommaire

Réponse du ministre d'État, ministre de la transition écologique et solidaire.....	169
Réponse de la ministre des Armées	171
Réponse commune du ministre de l'économie et des finances et du ministre de l'action et des comptes publics.....	172
Réponse du président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)	174
Réponse de l'administrateur général du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA).....	178
Réponse du directeur général de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).....	180
Réponse du directeur général de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA)	180
Réponse du président-directeur général d'Électricité de France (EDF) ..	182
Réponse du directeur général d'ORANO	185

**RÉPONSE DU MINISTRE D'ÉTAT, MINISTRE
DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE**

Je remercie la Cour pour ce travail exhaustif, qui va permettre d'alimenter notamment le débat public en cours sur la cinquième édition du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR).

Je partage dans son ensemble l'analyse de la Cour sur la nécessité d'explicitier les interactions entre les enjeux liés au « cycle du combustible » et les choix de politique publique. Il est primordial d'anticiper la gestion des substances radioactives issues du « cycle du combustible » en veillant à ce que les charges correspondantes ne soient pas reportées sur les générations futures. Ce dernier enjeu doit s'appuyer notamment sur un contrôle rigoureux de la sécurisation du financement des charges nucléaires de long terme.

Je souligne que certaines recommandations vont dans le sens des réflexions menées actuellement par mes services, notamment les recommandations 1 et 8 sur l'évolution et l'harmonisation des scénarios prospectifs, mais aussi la recommandation 9 sur l'ajustement de la périodicité du PNGMDR.

La Cour souligne l'importance de la transparence des choix dans le domaine du « cycle du combustible ». Je partage ce point de vue et, à ce titre, je tenais à souligner que plusieurs des enjeux soulevés par la Cour dans son rapport sont abordés dans le cadre du débat public en cours sur le PNGMDR : gestion des déchets de très faible activité, prise en compte des impacts de la PPE sur les capacités d'entreposage, enjeux liés à la classification matières et déchets.

Dans le dossier du maître d'ouvrage pour le débat public PNGMDR, le Ministère de la Transition écologique et solidaire s'est d'ailleurs attaché à expliciter concrètement les interactions entre la PPE et la gestion des matières et des déchets radioactifs, répondant à mon sens en grande partie à la recommandation 7 de la Cour. Sur cet aspect, il convient de noter également que le rapport du Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) sur la « Présentation du cycle du combustible » français en 2018 contribue également à garantir la transparence dans ce domaine.

Plus spécifiquement, les recommandations émises par la Cour appellent les observations suivantes de ma part.

S'agissant de l'estimation du coût du projet Cigéo qui fait l'objet des recommandations 2 et 3, il convient de rappeler que le montant de 25 milliards d'euros aux conditions économiques du 31 décembre 2011 correspond à un coût-objectif, mobilisateur pour l'ANDRA et les équipes travaillant sur le projet.

Comme l'indique la Cour, cette estimation s'inscrit dans un contexte nécessairement incertain compte-tenu des durées très longues d'évaluation. Aussi, elle est destinée à s'affiner au fur et à mesure de son actualisation régulière prévue réglementairement au moins aux étapes-clés du développement du projet (autorisation de création, mise en service, fin de la « phase industrielle pilote », réexamens périodiques). Conformément à la réglementation, la prochaine réévaluation du coût de Cigéo devra être accompagnée de l'évaluation du coût du stockage des déchets de l'inventaire de réserve, ce qui devrait satisfaire l'objectif évoqué par la Cour de mise en lumière des conséquences économiques des décisions de stratégie de gestion des matières et déchets radioactifs.

S'agissant de la prise en compte par les pouvoirs publics des incertitudes sur les perspectives de valorisation de certaines matières radioactives qui fait l'objet des recommandations 4 et 5, il s'agit de l'un des sujets de réflexion identifié pour la prochaine édition du PNGMDR.

Dans ce contexte, et comme cela est exposé dans le dossier du maître d'ouvrage pour le débat public PNGMDR, la définition de critères ou d'éléments de méthode permettant de mieux qualifier la doctrine de classification des substances radioactives, fait partie des orientations en cours de réflexion, et qui seront débattues.

Il conviendra donc d'apprécier la mise en œuvre de la recommandation 4 dans le cadre du bilan de ce débat. En tout état de cause, afin de maintenir la cohérence avec la loi du dispositif de sécurisation du financement des charges nucléaires de long terme, il me semble indispensable de n'exiger la sécurisation du financement des charges de gestion de tout ou partie des stocks d'uranium de retraitement qu'en cas de requalification de ces matières en déchets. Les modalités de mise en œuvre de la recommandation 5 devront donc découler de celles retenues pour décliner la recommandation 4.

S'agissant de la gestion des déchets de très faible activité, je note votre recommandation d'arrêter à l'issue du débat public actuel une décision formelle sur la gestion de ces déchets et sur les conditions d'une éventuelle valorisation de certains d'entre eux.

Enfin, votre rapport insiste sur la nécessité de renforcer la comparaison économique et environnementale des alternatives et appelle à un renforcement des capacités d'évaluation de mon ministère afin que celui-ci soit plus à même de contre-expertiser les propositions des exploitants et de produire ses propres études coût-bénéfice.

À mon sens, il importe en premier lieu de souligner que la qualité et la profondeur des exercices de planification et de construction de visions stratégiques menés en France la distingue sur le plan international, tant dans le domaine de la politique des déchets que de la politique énergétique. Ce type d'exercice repose sur une capacité prospective et technique forte, largement portée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire même si elle s'enrichit des apports des autres ministères.

Je serai attentif au maintien de ces compétences et, dans une perspective d'amélioration continue, aux voies d'optimisation des moyens consacrés pour plus d'efficience et de pertinence.

Telles sont les observations dont je tenais à vous faire part sur les points du ressort du ministère de la Transition écologique et solidaire.

RÉPONSE DE LA MINISTRE DES ARMÉES

Ce rapport a retenu toute mon attention. Il constitue une référence précise sur la situation actuelle et les nombreux enjeux à venir dans le domaine de la sûreté nucléaire.

Pour ce qui concerne les installations et activités nucléaires intéressant la défense, l'enjeu principal est la reprise et le conditionnement des déchets radioactifs anciens et le démantèlement d'installations dans le périmètre de l'installation nucléaire de base secrète de Marcoule. On y trouve en effet des déchets historiques issus d'activités civiles et militaires qui, pour certains, sont entreposés dans des conditions de sûreté ne répondant plus aux exigences actuelles.

La stratégie établie par le CEA, visant à réduire en priorité la quantité de matière radioactive qui pourrait avoir des conséquences pour les personnes et l'environnement lors d'un incident ou accident dans les installations identifiées, constitue pour moi un élément majeur. Elle est conforme à la demande conjointe du Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les installations et activités intéressant la défense et du Président de l'autorité de sûreté nucléaire.

Les conclusions des deux autorités de sûreté sur cette stratégie, données fin mai 2019, soulignent le travail important et complexe réalisé par le CEA pour définir cette stratégie.

Le défi est important compte tenu des nombreux projets à conduire, qu'ils soient dans la conception et la réalisation de procédés pour la reprise et le conditionnement des différents types de déchets, la construction ou la rénovation de bâtiments pour les accueillir et la construction de bâtiments pour l'entreposage des déchets avant leur transport vers les sites de stockage.

Un calendrier directeur robuste des travaux à réaliser, à établir par le CEA, contribuera à adapter l'outil industriel qu'il convient de consolider pour mener à bien ces travaux, dans des délais et des coûts maîtrisés.

Le ministère des armées a comme volonté constante de s'intégrer dans une démarche commune avec le secteur civil pour le traitement des déchets, en tenant compte le cas échéant de spécificités comme la protection du secret de la défense nationale.

**RÉPONSE COMMUNE DU MINISTRE DE L'ÉCONOMIE
ET DES FINANCES ET DU MINISTRE DE L'ACTION
ET DES COMPTES PUBLICS**

Le rapport public thématique de la Cour des comptes relatif à l'aval du cycle du combustible nucléaire a retenu toute notre attention.

Nous sommes particulièrement attachés à la stratégie de fermeture du cycle du combustible nucléaire, pour laquelle la France dispose de compétences reconnues au plan international et qui permet une gestion responsable des matières et des déchets nucléaires.

Nous partageons largement le diagnostic fait par la Cour, en particulier en ce qui concerne la nécessité d'évaluer précisément et sincèrement les charges nucléaires de long terme afin de ne pas les reporter sur les générations futures et de respecter le principe pollueur-payeur. Il nous paraît nécessaire d'adopter en la matière une démarche d'anticipation, de prudence, de rigueur, de cohérence dans le temps, et de clarté dans le pilotage des décisions publiques sur le sujet.

En ce qui concerne la gestion du cycle aval, la France dispose d'une politique fondée sur la transparence et la responsabilité des exploitants nucléaires, qui demeurent propriétaires des déchets et des matières nucléaires et qui sont tenus d'inscrire à leur bilan les provisions correspondantes, et de constituer des actifs dédiés afin de sécuriser le financement de ces charges nucléaires de long terme. L'autorité administrative veille d'ailleurs constamment, dans le cadre des lettres de suite de contrôle adressées aux exploitants, à clarifier et à préciser sa doctrine en matière de périmètre des charges de démantèlement en général.

Pour autant, nous souhaitons faire part de quelques points de divergence avec certaines recommandations et analyses de la Cour.

En premier lieu, votre recommandation n° 5 de « refléter la perspective industrielle réelle de valorisation des matières radioactives dans la constitution des provisions et actifs dédiés » ne saurait conduire à requalifier en déchets des matières dont les perspectives de valorisation sont pourtant démontrées. Ainsi, nous ne partageons pas l'analyse de la Cour visant à requalifier une partie du stock d'uranium de retraitement (URT) en déchets au motif qu'une partie seulement du stock d'URT serait couverte par des contrats avec TENEX et Framatome sur la période 2023-2032. En effet, EDF, qui a déjà valorisé l'URT de 1994 à 2013, entend poursuivre la stratégie de valorisation de l'URT au-delà de l'échéance de ces contrats, afin d'économiser des ressources en uranium naturel, conformément à la stratégie de fermeture du cycle du combustible nucléaire. La requalification d'une partie du stock d'URT en déchets ne se justifie donc pas. À l'inverse, la recommandation de la Cour consistant à provisionner les coûts de stockage d'URT dont la valorisation n'est pas contractualisée pourrait conduire EDF à passer des contrats pour des durées très longues, afin de limiter le niveau de ses provisions, ce qui ne serait sans doute pas opportun d'un point de vue industriel et économique. La requalification d'une partie du stock d'uranium appauvri en déchets ne se justifierait pas davantage compte tenu des perspectives de valorisation de cette matière,

En second lieu, s'agissant de votre recommandation n° 2 « d'estimer le coût de CIGEO pour chacun des quatre scénarios de l'inventaire national des matières et des déchets radioactifs », il nous semble préférable de fonder l'estimation du coût de CIGEO sur un inventaire de référence afin de refléter la perspective industrielle dans laquelle s'inscrit ce projet, en cohérence avec la stratégie française de fermeture du cycle du combustible nucléaire. Une telle approche n'interdit pas de chiffrer des variantes, en particulier en ce qui concerne le stockage des combustibles MOX et uranium de retraitement enrichi (URE) usés (qui figurent dans l'inventaire de réserve de CIGEO établi par l'ANDRA), EDF ayant choisi, à titre de prudence, de constituer sur ce sujet des provisions nucléaires couvertes par des actifs dédiés.

Par ailleurs, nous souhaitons apporter des éléments d'éclairage concernant la politique du CEA en matière d'assainissement-démantèlement. Si la Cour mentionne le fait que l'établissement ne sera pas en mesure de respecter l'échéance législative de 2030 pour le reconditionnement de certains déchets, nous tenons à rappeler que le CEA a mis en œuvre la priorisation suite au constat, en 2015, de la difficulté de mener de manière concomitante les différentes opérations d'assainissement- démantèlement en raison du nombre d'installations concernées. Cette priorisation, dont les autorités de sûreté ont confirmé la pertinence, favorisera en parallèle une montée en compétence du CEA sur ce secteur d'activité au cours des prochaines années et permettra de générer des gains d'efficience et d'efficacité.

Enfin, nous partageons le questionnement de la Cour sur l'opportunité de revoir la politique de gestion des déchets à très faible activité, avec l'introduction éventuelle de seuils de libération, afin de ne pas conduire « à mettre en œuvre des solutions de gestion disproportionnées ». Dans la mesure où ils représentent la part majoritaire des déchets en volume, une évolution de la réglementation française en la matière permettrait de retarder la saturation des capacités de stockage existantes et serait également plus avantageuse sur le plan économique. Nous souhaitons que le débat public en cours sur le Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs permette d'éclairer cette question.

**RÉPONSE DU PRÉSIDENT
DE L'AUTORITÉ DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
(ASN)**

L'ASN considère que ce rapport restitue avec beaucoup de clarté la complexité des questions techniques, juridiques, financières et industrielles liées à la gestion des matières et déchets radioactifs. Les recommandations et observations qui en émanent sont cohérentes avec les positions que l'ASN a pu exposer, notamment dans son avis sur la cohérence du cycle du combustible et dans ses avis successifs sur la gestion des matières et déchets radioactifs. L'ASN accorde une importance particulière à l'anticipation des impacts des choix de politique énergétique sur les installations nucléaires et leur sûreté, point sur lequel insiste aussi fortement le rapport.

Les principales remarques de l'ASN sur votre rapport sont listées ci-dessous.

Votre rapport pointe notamment la question de la qualification en déchets radioactifs de certaines substances actuellement qualifiées de matières radioactives, comme l'uranium appauvri, l'uranium de retraitement, les combustibles d'oxydes mixtes de plutonium et d'uranium usés et les combustibles d'uranium de retraitement enrichi usés. Cette analyse est cohérente avec l'avis no 2016-AV-0256 de l'ASN du 9 février 2016. L'ASN considère que des décisions doivent être prises pour statuer à ce sujet, selon un calendrier qu'il convient de définir rapidement. Elle estime que la recommandation de la Cour relative à l'établissement, par les ministres chargés de l'énergie et de la sûreté nucléaire, d'une doctrine d'emploi de l'article L. 542-13-2 du code de l'environnement relatif à la qualification des substances radioactives en matières ou déchets, serait un progrès en ce sens. Ces substances, en fonction de leurs enjeux de sûreté nucléaire ou de radioprotection, sont intégrées à l'inventaire de réserve de Cigéo ou font l'objet d'études, prescrites dans le cadre de l'arrêté du 23 février 2017, de faisabilité d'un stockage spécifique. L'ASN estime que, l'inventaire de réserve de l'installation de stockage des déchets les plus radioactifs en couche géologique profonde ayant vocation à prendre en compte des incertitudes de différentes natures, il pourra, par essence, évoluer avant la demande d'autorisation de création et au cours de l'exploitation du stockage. Elle estime aussi que ces incertitudes ne doivent pas retarder indûment le développement de solutions de stockages sûres pour les déchets radioactifs existants. L'ASN s'assurera, lors de l'instruction de la demande d'autorisation de création de Cigéo, de son adaptabilité vis-à-vis des substances radioactives de l'inventaire de réserve.

Comme exposé dans son avis n° 2015-AV-0227 du 10 février 2015, l'ASN partage les observations de la Cour sur la possible sous-évaluation du coût de l'installation Cigéo et la nécessité de le réévaluer périodiquement.

L'ASN adhère à la recommandation du rapport relative à l'allongement de la périodicité du PNGMDR (plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs), compte tenu du temps nécessaire aux exploitants pour réaliser les études, et aux maîtres d'ouvrage du plan pour mener les concertations réglementaires. Une périodicité de cinq ans est adaptée aux cinétiques industrielles associées.

L'ASN ne peut que souscrire à votre appel à la vigilance quant aux moyens consacrés au contrôle des charges de long terme, compte tenu de l'importance de cet enjeu.

Plusieurs installations du CEA devant faire l'objet d'opérations de reprise et de conditionnement de déchets et de démantèlement présentent des risques radiologiques importants. En cohérence avec votre rapport, l'ASN considère qu'un effort supplémentaire d'investissement pour la construction des principales infrastructures permettant la reprise des substances radioactives les plus dangereuses détenues par le CEA serait de nature à réduire ces risques.

L'ASN confirme la nécessité de s'interroger sur les marges dont disposent les exploitants vis-à-vis des capacités d'entreposage de combustibles usés. Cette question est abordée dans le cadre du débat public sur le PNGMDR.

Le rapport suggère que plusieurs sujets de réflexion soient abordés lors du débat public sur le PNGMDR. L'évaluation des impacts comparés de différents scénarios de gestion des matières et déchets seront en effet abordée de manière plus approfondie lors de celui-ci, de même que la question du stockage direct des combustibles MOX et URE usés²¹⁴. Toutefois, la gestion des déchets générés par un éventuel nouveau parc de réacteurs et l'évaluation des options de gestion du parc actuel ne pourra pas être abordée dans de bonnes conditions lors du débat sur la 5e version du plan. L'ASN suggère que ce sujet soit traité lors d'une prochaine édition du PNGMDR, sur la base d'études complémentaires de nature à éclairer les décisions.

Le rapport suggère que les réflexions du PNGMDR soient étendues à la gestion des effluents générés par les installations nucléaires et à l'impact économique des solutions de gestion des déchets. Ceux-ci sont déjà pris en compte dans le cadre de l'évaluation environnementale dont bénéficie le PNGMDR. À ce titre, les études demandées dans le cadre du PNGMDR intègrent une évaluation de l'ensemble des impacts environnementaux, qui incluent les effluents. De plus, les questions relatives aux déchets et aux effluents sont traitées de manière conjointe lors de l'autorisation et du contrôle de chaque installation, en intégrant les impacts sur l'environnement au niveau local. Le périmètre actuel du PNGMDR est cohérent avec la directive européenne « établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs » (directive 2011/70/Euratom).

²¹⁴ Ce sujet a déjà été abordé dans le cadre du débat public de 2013 sur le projet Cigéo.

La Cour suggère dans son rapport que « l'autorité administrative, à l'issue du débat public, arrête une décision formelle sur la gestion des déchets de très faible activité et sur les conditions d'éventuelles valorisations notamment des matériaux métalliques, d'une part, et des gravats, d'autre part ». L'ASN a demandé des études spécifiques sur la gestion de certains déchets de très faible activité, notamment relatives au recyclage de certains déchets radioactifs ou à la mise en œuvre de solutions de stockage spécifiques. La généralisation de telles démarches supposerait de définir de manière stricte des méthodes de détection et d'échantillonnage. En tout état de cause, compte tenu que l'absence de traçabilité des substances libérées constituerait un changement substantiel de leur mode de gestion, l'ASN considère qu'une telle évolution ne peut être mise en œuvre qu'à l'issue d'une concertation publique.

La Cour estime dans le rapport que « la gouvernance actuelle de la filière à travers le PNGMDR semble s'orienter vers une accumulation de rapports, dont les modalités d'analyse par les commanditaires et de prise en compte dans les décisions publiques ne sont pas suffisamment définies au préalable, ni partagées avec les différents acteurs ». L'ASN instruit l'ensemble des études remises dans le cadre du PNGMDR, avec l'appui technique de l'IRSN. Elle remet des avis au gouvernement sur les études dont elle est saisie, ainsi que des avis par filière en amont de la rédaction du plan. Ces travaux permettent au gouvernement de prendre des arrêtés prescrivant des travaux et des études aux exploitants. Le groupe de travail du PNGMDR constitue par ailleurs un cadre d'échange pluraliste de long cours, qui a permis de faire monter en compétence des acteurs de la société civile et d'élaborer progressivement une doctrine partagée de gestion des déchets radioactifs, qui nourrit les travaux réglementaires associés.

La Cour indique dans le rapport que « les contraintes induites par la gestion des combustibles usés n'ont été que très récemment explicitées, malgré les décisions à prendre sur l'avenir du parc, et a fortiori eu égard à la durée, longue, de réalisation des projets dans l'industrie nucléaire ». L'ASN tient à rappeler que les travaux du PNGMDR, qui aborde notamment ce point particulier, sont publiés depuis 2007.

**RÉPONSE DE L'ADMINISTRATEUR GÉNÉRAL
DU COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE
ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES
(CEA)**

Le CEA a pris note des observations de la Cour. Il bornera ses commentaires à trois aspects.

En premier lieu, il faut souligner les progrès sensibles effectués dans le domaine de la gestion de l'aval du cycle en termes d'études et de mise en perspective des données. Une base documentaire solide existe présentant l'état de la situation et les hypothèses envisageables pour l'avenir. De ce point de vue, il semble que la place de l'aval du cycle dans la filière nucléaire est clairement documentée et explicitée, les divers éléments sur lesquels le rapport de la Cour s'appuie en témoignent.

S'agissant du CEA et de la gestion de ses opérations d'assainissement démantèlement, il convient d'observer qu'un important travail de rationalisation et d'organisation a été accompli au cours des dernières années. Ce travail témoigne de l'effort mené par le CEA pour gérer au mieux la part qui lui incombe de l'assainissement démantèlement en définissant des priorités et des calendriers techniques probants. Cet effort, initié à la demande des autorités de sûreté, a été noté positivement par ces dernières au cours du processus d'examen qu'elles ont conduit au cours des deux dernières années. La stratégie mise en œuvre vise à la diminution de la radioactivité présente dans les installations (terme source) afin de traiter au plus vite tout ce qui pourrait induire un risque éventuel. Il est également utile de souligner que, pour des installations anciennes, le traitement progressif permet d'avancer dans la connaissance et se traduit donc par une réévaluation du coût anticipé des opérations. Il ne s'agit pas là d'une dérive, mais plutôt d'un processus technique normal dans le traitement des chantiers d'assainissement à mesure que les opérations et la connaissance progressent.

Enfin, il est nécessaire de revenir sur la question de la fermeture du cycle et des perspectives associées. Les réflexions menées au cours des deux dernières années ont conduit à préciser la stratégie afin de donner une suite au programme Astrid qui vient à son terme, dans sa forme actuelle, à la fin 2019. Cette stratégie doit permettre d'enrichir la connaissance sur les réacteurs de génération IV, de développer les technologies et les savoir-faire qui devront être préservés en vue d'un développement industriel ultérieur et de renforcer le volet gestion du cycle, qui appelle une attention particulière. Dans cette perspective, l'importance de la fermeture du cycle comme objectif et horizon de développement doit être soulignée.

Une approche en trois étapes a été définie dans le cadre du projet de programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Elle comprend à court terme, le MOXage des réacteurs de 1 300 MW, puis l'étude de la possibilité du multirecyclage en REP dans une perspective de moyen terme, enfin le développement d'un multirecyclage à plus long terme, en considérant les diverses options envisageables de réacteurs. Il faut insister sur l'intérêt de cette approche qui permet une étude et un déploiement réaliste, cadencés dans le temps, de solutions adaptées au contexte économique, industriel et environnemental. En particulier, l'étape du multirecyclage en REP constitue une approche qui permet de progresser dans la gestion du cycle, avec des acquis qui pourront être capitalisés pour le passage, dans une phase ultérieure, à la 4^{ème} génération.

Le CEA et ses partenaires travaillent à tirer le retour d'expérience des recherches déjà conduites et à consolider le programme de recherche futur afin de décliner cette approche dans une temporalité cohérente avec les besoins de la filière et les constantes de temps industrielles. Cela permettra à la fois de progresser en connaissance et de préserver les compétences et savoir-faire acquis. Enfin, en termes d'intérêt des diverses options concernant le cycle, la Cour appelle à juste titre l'attention sur la nécessité de comparaisons étayées et fondées sur des raisonnements qui prennent en compte les divers paramètres et implications des décisions. De ce point de vue, l'approche des « bénéfices à attendre du recours aux RNR » mentionnée dans le rapport ne peut être traitée de manière partielle et devra être reprise en lien avec l'ensemble du programme de recherche. Il conviendrait également de préciser les méthodologies économiques utilisées pour évaluer les bénéfices afin de déterminer les plus adaptées pour conduire une juste évaluation des coûts de l'aval.

**RÉPONSE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'INSTITUT
DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
(IRSN)**

Après examen, je vous précise que ce document n'appelle pas d'observation importante de la part de l'IRSN. Je relève notamment l'importance et la qualité du travail réalisé.

L'IRSN a rencontré l'équipe en charge du dossier le 5 juin 2018, a répondu au questionnaire adressé le 26 juin 2018, a transmis les rapports d'expertise « cycle 2016 » ainsi que des éléments détaillés concernant le PNGMDR, les travaux sur le cycle du combustible nucléaire français et le traitement des combustibles usés et a été auditionné le 4 avril 2019 par la 2^{ème} Chambre. L'IRSN retrouve bien, dans ce document de la Cour, les éléments fournis lors de ces échanges.

Les recommandations présentées n'appellent pas d'observation particulière de l'IRSN en ce qui relève de ses missions. En tout état de cause, l'IRSN est disponible pour contribuer, dans son champ de compétences, aux travaux associés à la mise en œuvre des recommandations n° 8 (relative aux scénarios prospectifs du cycle) et n° 10 (concernant la contre-expertise des données et études des exploitants et la réalisation d'études « coûts-bénéfices » de scénarios d'évolution de la filière électronucléaire).

Enfin, le document transmis met bien en valeur l'intérêt de mettre régulièrement à jour les scénarios d'évolution du cycle ; l'IRSN appelle à cet égard l'attention sur la nécessité d'une telle mise à jour en cas d'événement significatif affectant le cycle.

**RÉPONSE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'AGENCE
NATIONALE POUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS
(ANDRA)**

Ce rapport souligne avec pertinence l'enjeu des temps longs associé à la conduite du projet Cigéo, son incrémentalité et sa nécessaire progressivité en étant un fil directeur fort. Ainsi, le rapport rappelle bien la temporalité propre au projet : dans un premier temps le projet porte sur une phase pilote, puis s'engage vers le stockage des déchets de types MAVL, sachant que pour des questions de thermique des colis, la plupart des déchets HA ne seront pris en charge qu'à l'horizon des années 2080, ce qui permet de jalonner des processus d'étude, de concertation, et de décision jusqu'à l'horizon des années 2070.

Je souhaite insister sur le fait que cette temporalité emporte avec elle des conséquences et des enjeux très particuliers qui conduisent le projet à rester pendant très longtemps totalement adaptable à des évolutions technologiques ou de politique énergétique. Si l'inventaire de référence est la donnée d'entrée servant à la configuration de référence du projet pour la demande d'autorisation de création, l'inventaire de réserve fait l'objet d'études d'adaptabilité approfondies qui visent non seulement à démontrer une faisabilité de principe, mais également à s'assurer de la possibilité de prendre en compte cet inventaire de réserve le moment venu, en fonction du jalonnement des différents processus. Ainsi, d'un point de vue technique, l'ensemble des possibles est bien pris en compte, sans qu'il soit nécessaire, toujours pour le déroulement du projet, de trancher dès maintenant des choix techniques qui peuvent encore bénéficier des futurs retours d'expérience, du progrès technique et des décisions industrielles et politiques à venir.

Le rapport rappelle également ajuste titre le caractère très particulier de l'exercice de chiffrage des coûts, sur des horizons de temps très longs, et qu'« Il est donc impossible de prétendre connaître le 'juste coût' de Cigéo » ce qui me semble parfaitement réaliste. Il m'importe de rappeler en complément que l'exercice de chiffrage de 2014 a été mené dans le contexte du démarrage de la conception (phase d'esquisse) dans un cadre fixé par la loi de 2006 (retraitement, 4^{ème} génération). Le dossier de chiffrage établi par l'Andra a représenté près de 3 ans de travail et une première à ce niveau de complétude, de détail et de consolidation, utilisant les données de nos maîtrises d'œuvre, mais également les retours d'expérience des exploitants nucléaires ou d'autres industriels avec parfois des fourchettes d'incertitudes très larges. L'ensemble du travail a été très approfondi et documenté, y compris dans sa phase contradictoire. Ainsi plusieurs documents ont été produits successivement, pour conduire, in fine, après débat contradictoire et dans le cadre de la politique énergétique fixée par les différentes lois, à un arbitrage de la Ministre de l'Écologie qui a fixé un coût objectif et programmé une révision régulière de ce coût.

Le Conseil d'État a d'ailleurs souligné l'importance de régulièrement mettre à jour le chiffrage, et l'Andra prépare déjà les travaux pour ce prochain exercice. Il sera cette fois mené de façon intégrée et non pas séquentielle sur la base des études de conception détaillées, par nature plus précises qu'une esquisse, et éclairé également par les études d'adaptabilité pour l'inventaire de réserve avec les évaluations de coût associées, tel que demandé par l'article D. 542-94 du code de l'environnement.

Votre recommandation n°10 me permet enfin de revenir sur la nécessité d'une vision globale intégrée de la filière aval du cycle. En effet, le système actuel fait cohabiter les différents acteurs, chacun responsable de leur stratégie de démantèlement ou de reprise et conditionnement jusqu'au stockage, sous le contrôle de l'ASN. Chacun est redevable de la maîtrise de la sûreté de ses propres installations, ainsi que de la bonne prise en compte de la contrainte financière, tout en poursuivant, pour certains d'entre eux, leur propre stratégie industrielle dont les déchets ne sont qu'une dimension. L'optimisation locale que chaque acteur est amené à conduire n'est pas forcément l'intérêt collectif et peut générer des coûts chez les autres, ou « désoptimiser » les projets de stockage. Plus qu'une notion de contre-expertise apte à analyser les données techniques transmises dans les multiples rapports des exploitants, il est important, comme le suggère la Cour, de renforcer, dans un lieu qui reste à définir, les capacités d'analyse et d'expertise pour être en capacité d'élaborer une vision intégrée de l'état des déchets, des entreposages, des conditionnements et de l'amont jusqu'aux stockages.

Enfin, comme l'a identifié la Cour concernant les déchets TFA, la perspective du démantèlement d'installations industrielles importantes conduit à une nécessaire revisite de leur doctrine de gestion, selon une approche environnementale globale, posant également la question des contrôles appropriés et des mécanismes de confiance à mettre en place pour permettre l'éventuel recyclage et le ré emploi hors de la filière nucléaire.

**RÉPONSE DU PRÉSIDENT-DIRECTEUR GÉNÉRAL
D'ÉLECTRICITÉ DE FRANCE
(EDF)**

Les observations d'EDF portent sur quelques points essentiels.

1 - Dans son rapport thématique, la Cour rappelle que ce sujet comporte une dimension éthique à l'égard des générations à venir, consacrée par la loi dans les termes suivants : « prévenir ou limiter les charges qui seront supportées par les générations futures ».

Cet enjeu est partagé sans réserve par EDF, qui souhaite assumer l'entière responsabilité de ses activités industrielles à l'égard des générations futures, comme le montrent les travaux et ressources que consacre le Groupe à la gestion de l'aval du cycle. Ce principe de responsabilité à l'égard des générations futures s'inscrit pleinement dans notre corpus de valeurs.

2 - Les provisions inscrites au bilan d'EDF à ce titre sont évaluées de manière prudente, dans le respect des normes comptables, sous le contrôle de ses commissaires aux comptes, de son Conseil d'administration ainsi que de l'autorité administrative en application de l'article L. 594-4 du code de l'environnement. L'évaluation des substances radioactives est le résultat de travaux approfondis, documentés et conduits de manière contradictoire, comme le souligne d'ailleurs la Cour à plusieurs reprises.

Le provisionnement des combustibles MOX et URE usés est une bonne illustration du soin apporté par EDF. Au cas particulier, l'entreprise a fait le choix prudentiel de constituer une provision en écart par rapport au scénario industriel, dès lors qu'il n'existait pas d'installations capables de réaliser le recyclage de ces matières en l'état actuel de la technologie.

3 - A contrario, il n'y a pas lieu de constituer une provision avec actif dédié sur le stock d'uranium de retraitement (URT), tant d'un point de vue industriel, que des points de vue comptable et de la sécurité des approvisionnements.

L'outil industriel et les réacteurs nécessaires à l'utilisation de l'URT existent. Par le passé, EDF a déjà fait la démonstration du recyclage de l'URT sur son parc en exploitation. Il prévoit de reprendre ce recyclage en 2023 au travers d'une filière robuste et respectueuse de l'environnement, comme le Conseil d'administration de la société en a décidé dans sa séance du 18 mai 2018. Des contrats sur une durée de 10 ans ont été signés à cet effet avec TENEX, URENCO et FRAMATOME. L'arrêt programmé de plusieurs réacteurs, conformément à la future PPE, n'est pas de nature à infléchir la perspective de réemploi de cette matière dans le parc nucléaire.

La consommation du stock d'URT permet d'économiser des ressources en uranium naturel et s'inscrit dans la logique du cycle fermé du combustible, auquel l'État est attaché.

La prise en compte de ces perspectives industrielles aussi bien que des considérations d'indépendance nationale ne peut donc autoriser, au regard des principes comptables, le provisionnement avec actif dédié du stock d'URT.

4 - S'agissant de CIGEO, EDF ne partage par la recommandation du rapport, qui voudrait que l'évaluation des coûts soit effectuée selon quatre scénarios. En effet, la loi requiert une, et non plusieurs évaluations du coût, s'appuyant sur un scénario et un inventaire sous-jacents, correspondant à la politique retenue en matière de traitement des combustibles usés, le tout sous la responsabilité du Ministre chargé de l'énergie.

C'est bien ce scénario de référence qui doit être chiffré de manière contradictoire, en tenant compte des risques et des opportunités du projet, pour permettre au Ministre en charge de l'énergie de fixer le coût sur lequel s'appuieront les provisions des industriels concernés et qui constituera un objectif pour le maître d'ouvrage du projet.

5 - EDF considère que le renforcement des moyens de l'autorité administrative doit porter, s'il en est besoin, sur l'analyse des documents produits ou prévus de l'être mais ne devrait pas conduire à un accroissement des documents demandés par celle-ci.

La Cour elle-même souligne qu'EDF produit, à la demande des autorités de contrôle, un grand nombre de documents. On citera, à titre d'illustration, les rapports triennaux et leurs lettres d'actualisation annuelles ainsi que les nombreux livrables du Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs.

6 - EDF conteste les observations de la Cour sur les protocoles de soult entre les trois producteurs (CEA, EDF et Orano) concernant la reprise et le conditionnement des déchets anciens (RCD) et, plus particulièrement, le protocole dit « de Marcoule » avec le CEA. Ces accords sont le résultat de discussions approfondies, documentées et de bonne foi. La remise en cause de la signature de ces protocoles ne pourrait que créer une instabilité contractuelle préjudiciable à l'ensemble des acteurs.

7 - Enfin, EDF partage l'opinion de la Cour sur la nécessité de revoir, à l'issue du débat public, les conditions de valorisation des déchets de très faible activité. Les conditions actuelles conduisent à mettre en œuvre des « solutions de gestion disproportionnées » pour ces déchets et pénalisent indûment l'industrie française. Cette évolution, qui fait largement consensus, permettrait d'harmoniser la réglementation française avec celles des autres pays européens.

RÉPONSE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL D'ORANO

Le présent courrier présente de façon synthétique les éléments que le Groupe Orano souhaite faire connaître en réaction à ce rapport et à ses recommandations.

Le rapport appelle à une plus grande transparence sur les éléments présidant aux choix structurants réalisés par l'État concernant la filière nucléaire. Dans cet esprit, ses recommandations préconisent le renforcement des prérogatives du Ministère de la Transition Écologique et Solidaire, et notamment de la DGEC, dans ses missions d'évaluation, comme de restitution publique, des activités des exploitants nucléaires en matière de gestion des déchets et d'estimation des charges futures au regard des différentes orientations industrielles envisagées. Dès la première page de sa synthèse, comme dans sa recommandation n° 7, votre institution mentionne, en tant qu'outil destiné à assurer l'information du public, la possibilité d'une utilisation accrue des dispositifs de débat public.

Habitué à la transparence sur ses activités industrielles, en premier lieu en ce qui concerne leur niveau de sûreté en exploitation, mais également dans le cadre des procédures administratives applicables aux INB incluant pour certaines des enquêtes publiques, Orano souscrit à la mise à disposition des décideurs, comme du corps social, du meilleur niveau d'information sur l'aval du Cycle. Notre Groupe contribue d'ores et déjà, dans ce cadre, aux débats publics, organisés par la Commission Nationale du Débat Public, tels que celui en cours actuellement sur le PNGMDR, ou celui qui s'est tenu en 2018 sur le projet de révision de la PPE, ce que signale votre rapport (Chap. IV,I,B).

D'une manière générale, comme la Cour a pu le constater dans son relevé d'observations provisoires sur la restructuration de la Filière Nucléaire, Orano entretient des échanges réguliers avec la DGEC, administration de son ministère de tutelle, comme avec les administrations du Ministère de l'Économie et des Finances, notamment le Trésor, et l'APE représentant l'État actionnaire. Les deux ministères participent notamment aux travaux du Conseil d'Administration de l'Entreprise et bénéficient dans ce cadre d'un accès privilégié aux informations sur la gestion des déchets et aux hypothèses conduisant au provisionnement des coûts futurs, ainsi qu'à l'évaluation des impacts des orientations de politique énergétique sur la stratégie à long terme de l'entreprise.

Il existe par ailleurs des échanges réguliers avec l'autorité administrative, par exemple dans le cadre des obligations de fin de cycle, sur l'évaluation des charges à long terme comme sur la gestion des actifs dédiés. Ainsi, l'analyse des différents scénarios d'évolution concernant les règles de détermination des taux retenus pour l'actualisation des devis des opérations de fin de cycle, sujet évoqué par le rapport (chap. III, I, B), est notamment partagée avec la DGEC, l'APE et le Trésor.

Concernant spécifiquement les développements du rapport ayant trait à l'activité de traitement-recyclage, la prise en compte, dans l'annexe 8 du rapport, d'un loyer économique, alors que ces installations sont par ailleurs en cours d'amortissement comptable, conduit la Cour à calculer un coût de revient au MWh très fortement surévalué par rapport à ce qu'il est réellement pour la collectivité. Nous comprenons que ce faisant la Cour souhaite soulever de manière anticipée la question qui se posera, à horizon de 20 à 30 ans, de renouveler tout ou partie des installations industrielles du recyclage (pour cause de vétusté ou de modification du besoin consécutive à un multi-recyclage mettant en œuvre un volume de matières recyclées plus important et un procédé amélioré pour une partie des installations). Nous considérons cependant que cette question serait mieux traitée comme une question distincte et non par une surévaluation du coût affiché du recyclage actuel.

Le rapport indique en introduction ne pas avoir vocation à évaluer la pertinence du choix du recours au Cycle Fermé et dans la synthèse et le III du chap. IV, ne pas disposer d'éléments économiques qui permettraient cette évaluation. Il demande par ailleurs une anticipation précise de l'augmentation des stocks de matières radioactives et une limitation de leur coût de stockage. Pourtant, il met en cause la pertinence de l'option de multi-recyclage en réacteur à eau pressurisée telle que définie dans la synthèse des principales mesures prises dans le cadre de la PPE, et reprise par le contrat de filière passé entre les industriels du nucléaire et l'État début 2019 dans le cadre du Conseil National de l'Industrie présidé par le Premier Ministre.

Le débat PNGMDR, via la réponse qui sera apportée à l'article 51 de l'arrêté du 23 février 2017 pris en application des prescriptions de l'édition 2016-2018 du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs, apportera des réponses structurées sur les éléments d'évaluation du multi-recyclage. Constatant, comme le rapport en fait état (chap. III, II, B), l'éloignement de plusieurs décennies de la date de mise en œuvre d'une flotte de réacteurs de 4^{ème} génération capable d'assurer la fermeture totale du Cycle et d'affranchir le pays du recours à l'approvisionnement d'uranium naturel, les parties prenantes à ce contrat sont convenues d'étudier la mise en œuvre industrielle, à échéance de 20 ans, du multi-recyclage en réacteur de 3^{ème} génération. Cette solution apporte plusieurs avantages dans une période de transition vers une flotte de réacteurs à neutrons rapides comme dans une configuration de palier stable et durable.

Dans l'attente que les échanges puissent avoir lieu dans le cadre du débat public, je me limiterai à signaler que l'effet conjugué de la mise en œuvre d'une flotte d'EPR, au rendement plus élevé que celui des paliers de réacteurs actuellement en exploitation, et du multi-recyclage pour la gestion du combustible, pourrait permettre de limiter la consommation d'uranium naturel pour une production nucléaire française équivalente à celle d'aujourd'hui, de l'ordre de 420TWh, à 5500t/an contre 7800t/an à date. Et ce, alors que la consommation actuelle bénéficie déjà des 10 % d'économie offerts par le mono-recyclage en vigueur.

Ce gain significatif en matière première s'accompagnerait par ailleurs d'une limitation des volumes de matière valorisable à entreposer par rapport à la situation actuelle, en permettant notamment la valorisation dès la 3^{ème} génération de réacteurs des combustibles MOX et URE usés dont le rapport regrette, en (chap. III, II, B), l'absence de valorisation à court terme dans la configuration du Cycle du Combustible à date.