

Cour des comptes



ENTITÉS ET POLITIQUES PUBLIQUES

L'AVAL DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

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

Rapport public thématique

Synthèse

Juillet 2019

 **AVERTISSEMENT**

Cette synthèse est destinée à faciliter la lecture et l'utilisation du rapport de la Cour des comptes.

Seul le rapport engage la Cour des comptes.

Les réponses des administrations et des organismes concernés figurent à la suite du rapport.

Sommaire

Introduction	5
Une interaction forte entre l'amont et l'aval du cycle à expliciter	7
Un besoin d'expertise renforcé par des échelles de temps longues	9
Anticiper la croissance des volumes et des coûts des substances radioactives	11
Cigéo, un projet hors norme, dont le coût doit être mis à jour régulièrement	13
Des dépenses futures dont le financement doit être mieux contrôlé	15
La difficile prise en compte des incertitudes sur le devenir des matières radioactives	17

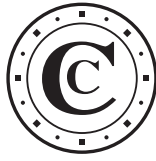
Introduction

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.

Cependant, pour la première fois, 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 2019¹.

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.



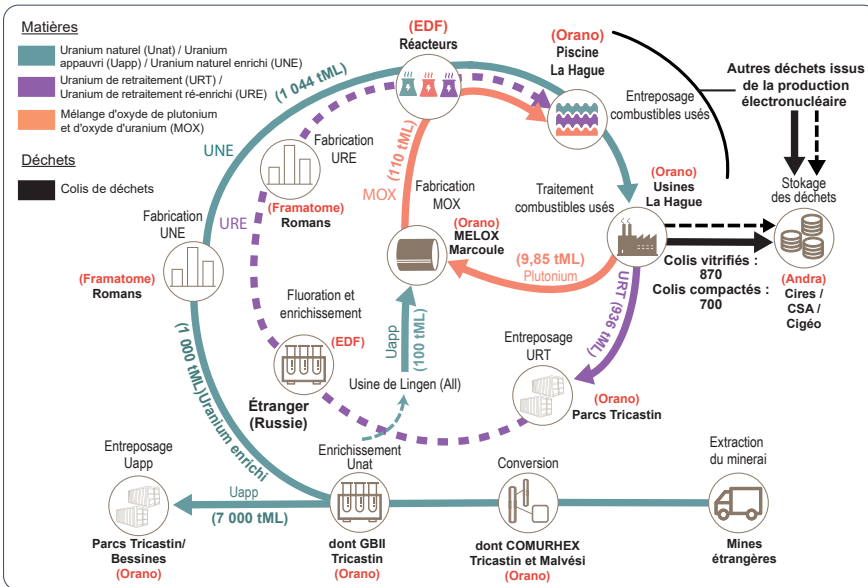
Une interaction forte entre l'amont et l'aval du cycle à expliciter

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.

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 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

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

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.

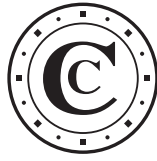
Le respect de cet équilibre constitue un paramètre clé de la planification de la production électronucléaire. Ce paramètre doit donc être pris en compte dans les différentes

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. 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.

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.

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.



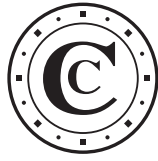
Un besoin d'expertise renforcé par des échelles de temps longues

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, sur l'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.



Anticiper la croissance des volumes et des coûts des substances radioactives

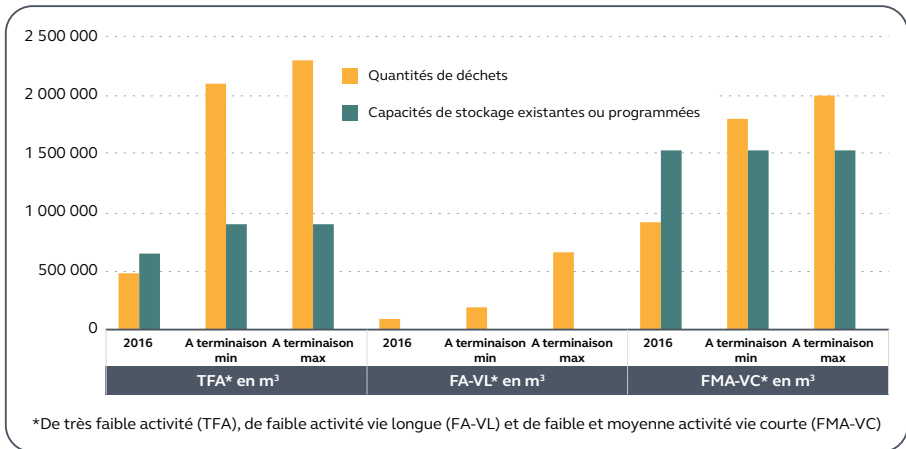
Dans le domaine du nucléaire, la mise en œuvre des décisions nécessite de longs délais. Bien que les échéances soient lointaines, il convient donc que les décideurs prennent dès aujourd'hui des décisions relatives à la gestion de substances radioactives pour demain. Les décisions prises dans le cadre du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (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).

Anticiper la croissance des volumes et des coûts des substances radioactives

Mise en perspective des quantités actuelles et prévisionnelles des déchets les moins radioactifs* avec les capacités de stockage actuelles et projetées



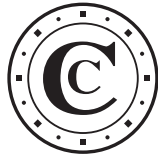
Note : Les quantités « à terminaison » signifient les quantités générées à l'issue du démantèlement des installations nucléaires autorisées à fin 2016. Les quantités « à terminaison min et max » correspondent aux valeurs minimales et maximales des différents scénarios de l'inventaire national. Les capacités de stockage sont celles engagées à date et non à terminaison. Les quantités de déchets moyenne activité et haute activité vie longue ne sont pas représentées dans ce graphique.

Source : compilation Cour des comptes

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 de près 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.

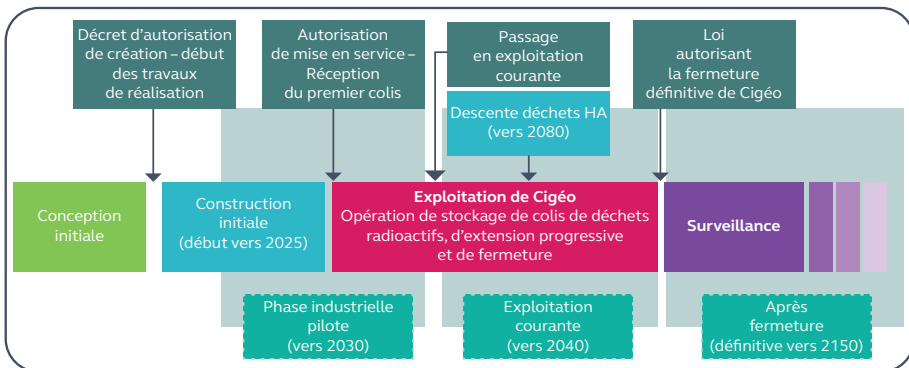


Cigéo, un projet hors norme, dont le coût doit être mis à jour régulièrement

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.

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

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

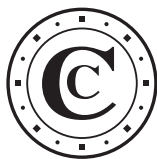
Cigéo, un projet hors norme, dont le coût doit être mis à jour régulièrement

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 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.

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.



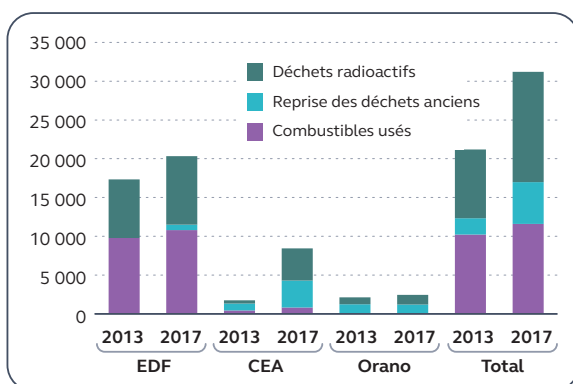
Des dépenses futures dont le financement doit être mieux contrôlé

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 atteignent 31 Md€²⁰¹⁷ et les provisions à couvrir par des actifs dédiés sont de 21 Md€²⁰¹⁷. Ces charges et provisions sont en forte augmentation, près de 40 % par rapport à 2013.

Montant des provisions par exploitant (M€, 2013 et 2017, hors démantèlement)



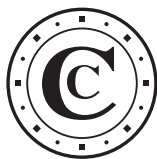
Note : les charges de gestion des déchets intègrent, pour EDF, en 2013, les charges de reprise des déchets anciens : ce n'est qu'à partir de 2017 que ces charges ont été individualisées dans les comptes d'EDF.

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

Des dépenses futures dont le financement doit être mieux contrôlé

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

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.

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).