

A S S E M B L É E   N A T I O N A L E

X V <sup>e</sup>   L É G I S L A T U R E

# Compte rendu

## Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Présentation, *ouverte à la presse*, du rapport annuel de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs (CNE2)

jeudi 23 novembre 2017  
Séance de 10 heures

Compte rendu n° 6

SESSION ORDINAIRE DE 2017-2018

**Présidence  
de M. Gérard Longuet,  
sénateur,  
*Président***



## Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

jeudi 23 novembre 2017

Présidence de M. Gérard Longuet, sénateur, président

*La séance est ouverte à 10 h 05*

**– Présentation, ouverte à la presse, du rapport annuel de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs (CNE2)**

### OUVERTURE

**M. Gérard Longuet, sénateur, président de l'Office.** Avant que vous ne présentiez votre rapport, permettez-moi de vous préciser que j'ai été amené, tout au long de ma vie parlementaire, c'est-à-dire depuis 1993, à suivre ces questions de gestion des matières et déchets radioactifs avec beaucoup d'intérêt. J'en ai connu les épisodes les plus passionnés, notamment lors de débats publics difficiles, conduits sur le terrain en Meuse – département que je représente et qui, avec la Haute-Marne a accueilli le premier et, pour l'instant, seul site d'étude pour le centre industriel de stockage géologique en couche profonde de combustibles en fin de cycle (Cigéo), comme les moments les plus sérieux, à l'image de celui que nous allons vivre en vous écoutant.

La gestion des matières et déchets radioactifs est le fruit d'une longue histoire, commencée avec la loi Bataille. C'est en effet ce texte législatif, que mon prédécesseur en tant que ministre de l'industrie, M. Dominique Strauss-Kahn, avait fait adopter par le Parlement, qui a créé, en décembre 1991, la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs (CNE).

J'ai, à titre personnel, beaucoup de respect pour la science, et une passion pour la technologie, ainsi que pour les réussites industrielles et scientifiques qui ont marqué, en particulier, les Trente Glorieuses, la reconstruction de l'Europe, etc. J'ai donc un esprit assez positif à cet égard, notamment sur l'énergie nucléaire. Je dois toutefois reconnaître que j'ai été très étonné, en accédant aux fonctions de ministre de l'industrie, en mars 1993, de découvrir que la France était engagée dans un programme électronucléaire considérable, qui m'apparaît d'ailleurs comme un succès, mais que la question des déchets n'avait pas été traitée d'une façon systématique, et qu'il avait fallu attendre décembre 1991 pour que les principes fondateurs trouvent une organisation législative. Assez rapidement, avec le soutien du Conseil général de la Haute-Marne, présidé à l'époque par M. Bruno Sido, et l'appui de mon prédécesseur sénateur de la Meuse, également président de son département, nous avons considéré que nous n'appliquerions pas le principe du « *Oui, mais pas dans mon jardin* », mais que nous accepterions, puisque nous estimions que le nucléaire était utile pour la France et sérieux dans sa conception, d'aller jusqu'au bout dans ce domaine, sans pour autant, évidemment, accepter n'importe quoi. Nous avons ainsi été très attentifs aux éléments relatifs à la transparence, à l'information, et à l'autorité du message de la communauté scientifique

sur ces questions, de telle sorte que ce sujet, qui suscite des débats passionnés, voire même violents parfois, puisse être éclairé par des travaux de qualité.

Je remercie les membres de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et déchets radioactifs, son président Jean-Claude Duplessy, ainsi que l'ensemble des participants à ses travaux, qui contribuent à un climat plus apaisé dans la société française. Ces sujets sont suffisamment importants et graves pour qu'on leur consacre du temps.

**M. Cédric Villani, député, premier vice-président de l'Office.** Je souhaite souligner, avant de donner la parole à M. Jean-Claude Duplessy, combien je souscris à l'importance de cette audition et, plus généralement, des liens tissés entre l'OPECST et la Commission. J'insiste sur le fait que cette audition est retransmise, pour la première fois, en direct et en différé *via* le site de l'Assemblée nationale, et sera suivie avec beaucoup d'attention, ce qui permettra de garantir toute la transparence nécessaire à l'exercice, étant entendu que si, pour une raison ou une autre, il vous semble opportun que certaines informations nous soient communiquées de façon confidentielle, il conviendra de nous les transmettre par la suite, hors diffusion.

Je rappelle aussi, dans le prolongement de l'introduction du président Longuet, l'importance de la continuité du suivi scientifique des recherches, telle que l'assure la Commission depuis un quart de siècle. En effet, ce suivi permet au Parlement de disposer, chaque année, d'un état synthétique de l'ensemble des travaux, matérialisé par le rapport discuté aujourd'hui. Dans ce suivi, certains thèmes sont récurrents, tandis que d'autres émergent, qui nécessitent une attention toute particulière. C'est notamment le cas du projet de stockage géologique profond Cigéo, qui s'achemine vers le dépôt de la demande d'autorisation de création. Sur une telle affaire, nous savons pertinemment qu'au-delà des éléments et principes scientifiques, se posent des questions majeures de gouvernance, et de mise en place pratique du développement. D'une ampleur considérable, il faudra les examiner de très près pour éviter que les grands principes, solides, ne soient mis en échec par des questions beaucoup plus terre à terre et pragmatiques, mais susceptibles de s'avérer extraordinairement délicates.

L'intervention de la Commission a été cruciale pour préparer la loi de 2006, en évaluant l'avancement des trois axes de recherche définis par la loi de 1991 : séparation-transmutation, stockage géologique et entreposage. Son action est également essentielle pour le processus en cours de préparation de demande d'autorisation. Je rappelle, à ce sujet, qu'en juillet dernier, avait été soulevée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) la question des risques d'incendie liés aux déchets bitumineux, déjà soulignée dans ses travaux précédents par la Commission, qui avait alors demandé que soient effectués un certain nombre d'essais, dont un compte rendu complet a été présenté dans son neuvième rapport, et que soient poursuivies les études relatives à la stabilité chimique des enrobés bitumineux. Nous aurons certainement l'occasion d'y revenir dans le cadre de l'examen de ce nouveau rapport.

## **PRÉSENTATION DU RAPPORT**

**M. Jean-Claude Duplessy, président de la CNE2.** Dans la mesure où il s'agit de l'une de nos premières réunions avec l'Office parlementaire dans sa nouvelle composition, notre intention est de vous présenter brièvement ce qu'est la Commission nationale

d'évaluation, et la situation actuelle. Nous poursuivrons en évoquant les points essentiels de notre rapport, ainsi que nos recommandations.

La CNE est apparue, comme le soulignait le président Longuet, avec la loi de 1991, et a été mise en place quelques années plus tard. Le Parlement, conscient de la difficulté et de la spécificité des problèmes liés aux déchets nucléaires, avait en effet décidé qu'il convenait de mener, pendant quinze ans, des recherches approfondies, pour essayer de dégager des voies permettant de gérer au mieux ces déchets. La loi « Bataille » de 1991 avait ainsi identifié la possibilité d'envisager, d'une part, un stockage géologique profond, et, d'autre part, des études de physique, visant à transmuter certains éléments à vie longue, c'est-à-dire à les casser en petits morceaux, présentant la propriété d'avoir une radioactivité certes plus forte, mais de plus courte durée, ce qui permettrait d'évacuer le problème pour un futur lointain. Le texte législatif invitait également à regarder les possibilités d'entreposage, éventuellement de très longue durée.

La première CNE a ainsi produit un rapport dont les conclusions ont servi à l'élaboration, en 2006, d'une seconde loi sur la gestion des matières et déchets radioactifs, laquelle a confirmé l'existence de la CNE, en lui confiant un rôle plus large, incluant les matières nucléaires. La Commission est ainsi devenue l'actuelle CNE2. Tous les ans, elle remet un rapport à l'Office parlementaire, qui le transmet au Parlement. Ce rapport est ensuite, avec votre accord, rendu public. Il est notamment accessible sur le site *web* de la Commission.

La CNE2 est constituée de douze membres. Six d'entre eux sont nommés par le Parlement, trois par le président du Sénat et trois par le président de l'Assemblée nationale, ainsi que six par le gouvernement, dont deux sur proposition de l'Académie des sciences morales et politiques, et quatre sur proposition de l'Académie des sciences. Les membres de la Commission sont nommés pour six ans, renouvelables une fois, et assistés par un conseiller scientifique.

La CNE2 a pour vocation d'évaluer toutes les recherches menées par les acteurs de la loi de 2006, c'est-à-dire essentiellement par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies renouvelables (CEA), chargé des études sur la séparation et la transmutation, et par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), qui s'intéresse aux entreposages intermédiaires, et surtout au stockage géologique. Nous procédons à des auditions de ces différents acteurs et, à partir de l'ensemble des informations reçues, élaborons un rapport, que nous vous remettons.

La Commission est également chargée de suivre la situation internationale actuelle, et de vous en faire part, dans un chapitre du rapport spécialement consacré à cela. C'est la raison pour laquelle elle doit, statutairement, comporter au moins un membre étranger. Nous avons actuellement la chance d'en avoir trois : les professeurs Frank Deconinck, Claes Thegerström et José Luis Martinez.

Je vais m'intéresser maintenant à l'analyse de la situation présente. L'objectif de ce travail est de vous présenter le point de départ, de vous expliquer d'où viennent les déchets qu'il nous appartient d'analyser et de suivre.

En amont du cycle, l'uranium extrait des mines est enrichi, l'uranium naturel ne contenant pas suffisamment d'uranium 235 pour pouvoir être utilisé dans un réacteur, si l'on veut être en mesure de lancer la fission. En France, nous disposons d'une unité spéciale,

l'usine Georges-Besse, qui effectue cet enrichissement. Grâce au composant ainsi obtenu, on fabrique un combustible, en l'occurrence un oxyde d'uranium, utilisé dans les réacteurs.

Une fois l'électricité fournie, le combustible usé est récupéré. Il existe, à partir de cette étape, plusieurs possibilités. On peut, tout d'abord, considérer ce combustible comme un déchet, et le placer dans un stockage géologique. On parle alors de cycle ouvert. Une autre option, incontestablement plus économe en termes de matières, consiste à considérer que ce combustible usé contient encore une quantité considérable de matière énergétique, qu'il convient de récupérer, grâce à une opération de traitement ou de retraitement, et à partir de laquelle on pourra fabriquer à nouveau du combustible, susceptible d'être renvoyé en réacteurs. C'est en cela que le système français est de type semi-fermé. La matière récupérée est, soit de l'uranium, présent dans le combustible initial et non utilisé, qu'il faudra à nouveau enrichir pour obtenir un uranium de retraitement, soit, de façon plus intéressante, du plutonium, avec lequel on fabrique un nouveau combustible, mélange d'oxyde d'uranium et d'oxyde de plutonium, appelé MOX. Ce MOX est alors renvoyé dans les réacteurs français de 900 mégawatts, qui sont parmi les premiers à avoir été construits.

Toutes ces opérations, d'enrichissement, d'une part, et de retraitement, d'autre part, produisent des déchets. Les plus intenses sont justement destinés à Cigéo. Les déchets issus de l'ensemble des opérations du cycle sont, mis à part les déchets miniers qui nous concernent assez peu sur le territoire métropolitain, des déchets de haute activité à vie longue (HA-VL), et des déchets de procédé, de moyenne activité à vie longue (MA-VL), tous destinés à un stockage géologique profond.

Par ailleurs, il existe un certain nombre de déchets à vie longue, mais de faible activité, pour lesquels l'Andra est, pour l'instant, à la recherche de sites de stockage, le problème étant que leur durée de vie nécessite de les isoler des hommes et de la biosphère. Ces composants étant peu radioactifs, il faudrait trouver un système moins onéreux, et moins difficile technologiquement à mettre en œuvre que Cigéo.

On compte également des déchets de faible ou moyenne activité à vie courte, destinés au centre de stockage de l'Aube, qui fonctionne bien.

Enfin, les déchets de très faible activité, vraiment peu radioactifs mais très abondants, sont pour l'instant envoyés dans le centre industriel de regroupement d'entreposage et de stockage (CIREs), qui va arriver à saturation en 2025. Une extension est donc prévue, ce qui repousserait la date de saturation à 2030. Le problème va se poser clairement, pour tous les gestionnaires, de savoir comment traiter ces déchets à l'avenir.

Je vais, après cette brève présentation du contexte, passer la parole aux deux vice-présidents de la CNE2, qui vont vous exposer les quelques points importants de ce onzième rapport. Le professeur Maurice Leroy va, tout d'abord, aborder la question de la séparation et de la transmutation.

**M. Maurice Leroy, vice-président de la CNE2.** Le stockage géologique des déchets de moyenne activité à vie longue et de haute activité à vie longue, et les recherches sur la transmutation, constituent deux des piliers essentiels de la loi de 2006. Dans cette dernière, il est indiqué que les recherches concernant la transmutation doivent être associées à des réacteurs de quatrième génération.

Pour répondre à cette mission, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) développe, depuis une dizaine d'années, des recherches sur les réacteurs à neutrons rapides (RNR) refroidis au sodium. On compte actuellement, essentiellement, trois réacteurs à neutrons rapides en fonctionnement : le BN-600 et le BN-800, implantés à Beloïarsk en Russie, qui sont couplés au réseau et fournissent de l'électricité, le BN-600 effectuant, de surcroît, la désalinisation de l'eau pour alimenter la ville de Beloïarsk ; un réacteur expérimental, en Chine, qui n'est pas couplé au réseau de façon constante, mais l'a été à plusieurs reprises, lors des premières opérations.

L'intérêt de ce type de réacteur est de pouvoir fonctionner avec un uranium appauvri, qui est un résidu du procédé d'enrichissement. Or, la France a décidé que cet uranium appauvri et le plutonium étaient des « matières » au sens de la législation relative au nucléaire. La stratégie énergétique de la France est extrêmement importante, si l'on considère les installations et leur taille. En effet, avec un parc comme celui qui fonctionne aujourd'hui, on procède à un enrichissement de l'uranium, et on fabrique du combustible, comme cela vient de vous être expliqué. Ceci suppose de disposer d'une usine d'enrichissement, et d'usines de fabrication de combustible. Ensuite, intervient le traitement du combustible usé, qui concerne l'usine de La Hague. Ceci détermine le fait que nous séparons uranium et plutonium, d'une part, produits de fission et actinides mineurs, d'autre part. En effet, les produits de fission et les actinides mineurs sont aujourd'hui vitrifiés. Ce sont eux qui seront un jour, éventuellement, stockés dans l'installation Cigéo, si elle est réalisée.

Selon la politique suivie, les résultats sont très différents. Si l'on considère que l'uranium et le plutonium sont des matières, et que l'on envisage une filière de réacteurs à neutrons rapides, alors on aboutit à une configuration de l'industrie nucléaire telle qu'elle est aujourd'hui. Si l'on estime, au contraire, que l'uranium et le plutonium ne sont plus des matières, cette décision conduit à devoir effectuer toute une série de modifications en cascade, dans la mesure où l'on n'utilise plus le plutonium. Aujourd'hui, il faut savoir que l'on recycle partiellement le plutonium, associé à l'uranium, dans des réacteurs dits « MOXés ». En France, les réacteurs de 900 mégawatts utilisent ce combustible. Décider de changer de politique dans ce domaine aurait des effets en chaîne, puisque cela reviendrait à modifier à la fois les fabrications et les retraitements de combustibles, et aurait une incidence extrêmement forte sur l'ensemble des activités.

Si l'on revient à la filière qui, aujourd'hui, est envisagée, on dispose actuellement de réacteurs à eau pressurisée, de 900, 1300 et 1450 mégawatts. On attend maintenant l'arrivée de l'EPR, et son couplage au réseau. Si l'on conserve l'uranium appauvri et le plutonium sous une forme consistant simplement à ne pas traiter les MOX usés, et à les garder en piscine, ceci constituera le trésor de plutonium dont on aura besoin, le jour où l'on voudra déployer des réacteurs à neutrons rapides. La politique française a été affirmée en ce sens. À partir de ce schéma, on peut se projeter, en considérant que l'on dispose d'un certain nombre de réacteurs à eau pressurisée arrivant en fin de vie, remplacés possiblement par un parc composé d'EPR, et de réacteurs à neutrons rapides. L'avantage de passer progressivement à un parc composé uniquement de réacteurs à neutrons rapides, réside dans le fait que ceux-ci utilisent de l'uranium appauvri, dont nous disposons, et du plutonium, disponible également, car immobilisé dans les combustibles usés entreposés en piscines, si bien qu'il ne serait plus nécessaire d'importer de l'uranium naturel, ni de recourir à l'enrichissement de l'uranium. Ceci permettrait à la France, à partir des matières énergétiques qu'elle contrôle sur son sol, de devenir indépendante, en termes de production d'électricité électronucléaire.

À partir de cet entreposage et de l'uranium appauvri, on fabrique du combustible dans une unité de fabrication, afin d'alimenter les réacteurs. Le combustible utilisé devra ensuite être déchargé, et retraité. Une partie des actinides mineurs et des produits de fission seront vitrifiés. Un réacteur à neutrons rapides offre, par ailleurs, la possibilité de procéder à la transmutation. Aujourd'hui, le programme de développement des réacteurs à neutrons rapides ASTRID vise plusieurs objectifs. Il s'agit, d'une part, de produire de l'électricité, avec l'uranium et le plutonium que nous possédons, d'autre part, de pouvoir, le jour venu, consommer le plutonium. En effet, un réacteur à neutrons rapides peut fonctionner selon trois principes. Il peut, tout d'abord, être iso-générateur, c'est-à-dire consommer la quantité de plutonium qu'il régénère. Ceci signifie que le jour où le trésor, qui se trouve pour l'instant immobilisé dans les combustibles usés, sera sorti de son lieu de stockage, et entré dans une flotte de réacteurs à neutrons rapides, alors il ne sera plus nécessaire de procéder à des apports de plutonium, car on disposera de la quantité suffisante de plutonium, qui « cyclera » entre les réacteurs, la fabrication du combustible, et, enfin, le retraitement du combustible usé. Un réacteur à neutrons rapide peut également fonctionner en sous-générateur. Il va alors consommer le plutonium. Ce point est important, car le jour où l'on souhaitera arrêter cette filière, il faudra pouvoir détruire ce plutonium, capacité dont dispose un réacteur à neutrons rapide. Un réacteur à neutrons rapides peut, enfin, effectuer la transmutation, s'adressant notamment aux actinides mineurs, dont l'américium, qui présente la particularité, à moyen terme, d'apporter l'effet thermique aux verres. Si l'on transmute cet élément, alors les verres reviennent à un niveau de radioactivité naturelle, après un temps de l'ordre de quatre à cinq siècles, ce qui est très différent des temps de vie des actinides.

**M. Jean-Claude Duplessy.** La Commission suit non seulement les actions du CEA, mais aussi celles de l'Andra sur le stockage Cigéo. Sur ce point, je vais passer la parole à notre second vice-président, M. Gilles Pijaudier-Cabot.

**M. Gilles Pijaudier-Cabot, vice-président de la CNE2.** Le stockage géologique profond est effectivement le deuxième grand chantier sur lequel la Commission se penche chaque année. Le projet est aujourd'hui entré dans sa phase d'avant-projet définitif (APD). Le dépôt d'une demande d'autorisation de création est visé dans le courant de l'année 2019.

Au cours des mois qui viennent de s'écouler, quelques événements sont survenus. Le premier a été le dépôt par l'Andra du dossier d'options de sûreté, que nous avons analysé. Cette analyse a été transmise à l'OPECST, voici environ un an. Mon intervention ne vise pas à reprendre l'ensemble des éléments qui vous ont été fournis à cette occasion, mais d'en extraire quelques-uns, particulièrement significatifs, et de présenter un point d'actualité sur les bitumes.

La première conclusion qui ressort de l'analyse de Cigéo que nous effectuons régulièrement est que le site choisi pour ce stockage géologique nous semble excellent pour accueillir les déchets de haute et de moyenne activité à vie longue, pourvu évidemment que soit mis en place un conditionnement adéquat.

Cigéo est censé recevoir des déchets. Il existe donc un inventaire de référence, décrivant l'ensemble des déchets qu'il est prévu d'accueillir dans cette installation, qui correspondent aux déchets produits, ou à produire, du parc actuel, y compris l'EPR.

Se pose également la question d'un inventaire de réserve, au sein duquel on trouverait éventuellement des combustibles usés, ce qui renvoie au discours que M. Maurice Leroy vient de tenir sur le cycle nucléaire. Il a été demandé à l'Andra de se pencher sur la

possibilité d'adaptation du stockage géologique pour accueillir des combustibles usés. Cela dit, nous voulons insister sur le fait que, même si cette demande est parfaitement légitime et fondée, elle ne doit pas remettre en cause le processus conduisant à la demande d'autorisation de création, car Cigéo reste, pour l'instant, un stockage destiné à accueillir des déchets ultimes, et non des « matières ».

Parmi les éléments de l'analyse que nous avons effectuée du dossier d'options de sûreté, se pose toujours la question de l'interface entre le stockage et les entrants, de la relation avec les producteurs, ainsi que du processus et des critères d'approbation des colis qui vont arriver, destinés à être stockés sur le site. Il s'agit pour nous d'un point d'attention, sur lequel nous voulons disposer de davantage d'informations.

Un autre point d'actualité concerne la question des bitumes. Nous souhaiterions partager avec vous notre préoccupation actuelle. La question consistant à se demander s'il convient, ou non, de stocker dans Cigéo les bitumes, qui sont des déchets moyenne activité à vie longue, occupe la Commission depuis au moins cinq ans. En réponse à ces préoccupations, le CEA et l'Andra ont conduit des programmes de recherche complémentaires. Nous avons souligné, à la fois dans nos rapports et dans l'analyse du dossier d'options de sûreté, que, vis-à-vis du risque d'incendie externe, existaient des éléments tangibles, et substantiels, permettant de dire que les colis pourraient résister à un feu développé de façon externe. On pense typiquement à un incendie résultant des équipements présents au sein de l'installation de stockage. Dans son analyse du dossier d'options de sûreté de Cigéo, l'IRSN s'interroge, par ailleurs, sur une cause interne d'incendie, c'est-à-dire sur la possibilité, pour certains colis, de s'auto-enflammer, et de dégager une forte quantité de chaleur susceptible de conduire à un emballement de l'ensemble de l'alvéole contenant les déchets de bitume. Il s'agit d'une question importante, puisque les colis de bitume seraient nombreux au sein de Cigéo et, selon les chroniques de stockage, parmi les premiers à être stockés. Une interrogation subsiste donc à ce propos.

Suite à cet avis, les producteurs et l'Andra ont mis en place un groupe de travail sur la question de savoir s'il fallait descendre les bitumes au sein de Cigéo et, dans l'affirmative, dans quelles conditions, pour une maîtrise optimale de la sûreté, ou s'il fallait traiter ces bitumes, et en particulier les détruire à l'aide d'une torche à plasma, étant entendu que, s'il y avait des déchets induits, ces derniers seraient inertes, et pourraient être descendus au sein de Cigéo. Dans son rapport, l'IRSN a commencé à prendre position sur ce point, avec une préférence pour la destruction industrielle. S'ensuit, bien évidemment, une question liée à la faisabilité d'un tel processus, à l'échelle du stock de bitumes dont nous disposons.

À partir de ces éléments de paysage, la Commission considère qu'il y a là un débat scientifique et technique contradictoire, et que l'une des manières, sinon de répondre aux incertitudes et contradictions subsistant entre les différentes analyses, du moins de partager l'ensemble des connaissances disponibles à ce sujet, est de mettre en place une expertise externe, internationale, de façon à éclairer au mieux les décisions. Nous pensons qu'il est assez urgent de mettre en œuvre cette expertise internationale, dans la mesure où elle pourrait travailler dès à présent sur le simple constat que nous faisons aujourd'hui, sans préjuger des travaux que les producteurs et l'Andra sont en train d'effectuer, ces travaux comportant eux-mêmes une revue externe, mais sur un plan d'action susceptible de découler de ces études. Face aux interrogations scientifiques et techniques qui subsistent, il convient non pas nécessairement de les lever, mais d'essayer de partager les connaissances, pour parvenir à un consensus, à une base permettant de prendre une décision, laquelle ne relève bien entendu pas uniquement du champ scientifique et technique.

Pour terminer, je souhaite aborder le point de la réversibilité. Il faut savoir que lorsque l'Andra a déposé son dossier d'options de sûreté, la loi de 2016 n'était pas encore votée. Ceci implique donc de procéder à une adaptation des documents présentés pour les mettre en conformité avec la loi sur la réversibilité. Le stockage géologique profond a vocation à être fermé, car il est prévu pour être le plus sûr dans ces conditions-là. Il y a donc forcément, à chaque instant, un souci, d'une part, de maximiser la sûreté, ce qui, pour nous, requiert un isolement progressif des déchets, d'autre part de veiller à la réversibilité imposée par la loi, qui suppose que l'on doit être en capacité de récupérer ces déchets, si l'on en prend un jour la décision. Ce compromis va devoir être développé pendant toute la durée d'exploitation du stockage. Les revues de réversibilité prévues par la loi sont, pour nous, l'occasion de prendre, ou de ne pas prendre, la décision d'isoler une partie du stockage, étant entendu que ceci doit s'accompagner systématiquement d'une interrogation allant dans le sens d'une sûreté optimale.

**M. Jean-Claude Duplessy.** Sans doute avez-vous suivi, voici un an environ, des discussions, que je qualifierais de « sans fin », sur le coût de Cigéo. Finalement, la ministre responsable de l'époque, Mme Ségolène Royal, avait annoncé un coût qui a suscité quelques interrogations, notamment au sein de la CNE2. Notre économiste, Mme Anna Creti, va vous en dire quelques mots.

**Mme Anna Creti, membre de la CNE2.** Le volet du rapport que je vais présenter concerne l'évaluation technico-économique de Cigéo, que nous avons menée. La transition est évidente avec la question de la réversibilité. Cette dimension nous projette, en effet, sur le long terme, avec tout le poids que cela suppose pour une décision prise aujourd'hui, mais qui engage les générations futures. Je rappelle que la vie de Cigéo est estimée à environ cent-quarante ans.

À l'estimation du coût, s'associent des questions liées à la manière optimale d'étaler ce coût, et aux investissements qu'il recouvre au fil du temps. Cette dimension temporelle est essentiellement résumée par un instrument économique simple, mais sensible : le taux d'actualisation. Le discours est similaire, dans ce domaine, à celui rencontré sur les questions de changement climatique. Très souvent, on se polarise sur les chiffres pour comprendre l'effet de report des coûts sur les générations futures. Bien que technique, cet élément doit être considéré, dans la mesure où les données dont nous disposons aujourd'hui montrent une certaine disparité d'évaluation de ces taux d'actualisation entre les opérateurs impliqués dans le projet Cigéo, la fourchette variant de 2 % à 4,5 %. De tels écarts sont considérables, au regard de la durée de vie de l'installation. Il faut savoir que plus le taux est élevé, plus cela signifie que l'on néglige, en quelque sorte, l'effort qui devra être fait par les générations futures. Il nous semble par conséquent que ce point mérite encore réflexion.

De même l'évaluation des coûts s'appuie sur quelques montants énoncés lors d'une phase préliminaire dans la construction du projet. Au fur et à mesure que le temps avance, il est nécessaire de les préciser et de les réévaluer, notamment à l'occasion de la préparation et du dépôt de la demande d'autorisation de création. Il est important de constater que les informations présentes sont relativement précises sur la phase initiale. Ainsi, les provisions sont connues pour les opérateurs impliqués. Mais ceci ne constitue qu'une petite partie du coût, et il subsiste de grandes incertitudes quant à leur évolution. Le terme « incertitudes » est ici un élément clé, qui nous conduit à attirer l'attention sur tous les éléments susceptibles de faire varier ce coût dans le temps, et sur lesquels il est important d'avoir des trajectoires. Il ne suffit pas, selon nous, de donner un montant. Encore faut-il l'intégrer dans plusieurs

scénarios, incorporant au mieux les incertitudes techniques, et celles liées à l'évolution de la politique énergétique.

Un mot, enfin, sur l'ingénierie contractuelle. Un grand ouvrage comme Cigéo sera réalisé par l'Andra, mais pas uniquement. Des interrogations se posent ainsi quant à la façon de confier certaines parties du chantier selon les méthodes d'attribution des chantiers publics. Quels coûts cela peut-il engendrer, et quelle est la façon optimale d'envisager la gestion contractuelle associée à la mise en œuvre de Cigéo ?

**M. Gérard Longuet, sénateur, président de l'Office.** Je souhaiterais, Monsieur le président, vous présenter mes très sincères excuses de devoir quitter cette audition, pour remplacer au pied levé le rapporteur général du budget, qui est hospitalisé. Je suis en effet membre de la commission des finances du Sénat et la séance démarre à 11 heures. Je vous laisse en compagnie de sénateurs et députés compétents et attentifs, ainsi que d'un premier vice-président qui maîtrise parfaitement ces sujets.

Je tiens à vous remercier de votre implication, de votre engagement. Cette réunion rassemble des personnalités très qualifiées, dans l'ambiance toujours élégante et historique de l'Assemblée nationale. Mais en réalité, tout ce que vous dites sera lu, analysé, décortiqué par des milliers de citoyens concernés par ce projet, les uns très hostiles par principe, les autres favorables par confiance, sans toujours maîtriser les sujets, la plupart intéressés par le développement local des territoires concernés, mais tous désireux du maximum de transparence. Quelle que soit l'attitude, optimiste, ce qui est mon cas, ou au contraire méfiante, ce qui est souvent exprimé, que l'on peut avoir à l'égard de la science, chacun a droit à cette transparence. Je vous remercie donc, Monsieur le président, d'en être, avec votre commission, l'un des acteurs les plus respectés.

**M. Jean-Claude Duplessy.** Je vous remercie, Monsieur le président. Nous sommes sensibles à toutes vos actions, et comprenons également que vous ayez, par ailleurs, des obligations majeures à remplir. Nous allons donc volontiers poursuivre cette audition avec le premier vice-président, M. Cédric Villani.

Il me reste à aborder le point de la gouvernance de Cigéo, et de l'aval du cycle. Le problème de la gouvernance est extrêmement important. La réversibilité prévue dans la loi a, en effet, des conséquences. Il s'agit d'un principe absolument essentiel de Cigéo, puisqu'il est prévu que l'on puisse, au fil du temps, alors que l'installation fonctionnera, ce qui nous conduit dans un futur déjà assez lointain, faire le point à chaque instant, pour voir si tout se déroule conformément aux prévisions. Dans l'affirmative, le programme se poursuivra. Mais si des problèmes scientifiques ou techniques apparaissent alors, il pourra être décidé d'arrêter l'exploitation, et de lancer les études nécessaires pour les résoudre, voire même de revenir en arrière. Ceci fait partie du principe fondamental associé à la réversibilité et a des conséquences. Une telle gouvernance est extrêmement prudente, ce qui est très bien. Mais cela nécessite que l'on accepte de reconnaître qu'un projet comme CIGEO, qui va durer plus d'un siècle, aura un aspect évolutif. Ainsi, le schéma présenté aujourd'hui ne sera certainement pas celui qui sera réalisé dans cent ans. En effet, seront sans doute apparus entre temps des matériaux nouveaux dont le projet pourra bénéficier. D'autres, en revanche, auront peut-être disparu, alors même qu'on croyait pouvoir les utiliser dans la durée. Il faut tenir compte de ces évolutions possibles, et réaliser qu'un projet de cette importance, totalement original, ne peut pas être figé dans le temps. Il est donc nécessaire de prévoir des améliorations, des optimisations, et, point essentiel, des prises de décision dans la transparence.

Le directeur général de l'Andra nous a indiqué, à l'occasion d'une audition, qu'il serait intéressant que la Commission réfléchisse à la question de la gouvernance de Cigéo, ce que nous avons commencé à faire de façon informelle. Les points qui nous ont guidés sont ceux que je vous ai exposés précédemment. Il faut que l'on conçoive bien que des améliorations et des optimisations sont susceptibles d'être apportées au dispositif, que le projet ne peut être figé, et qu'il faut que tout soit mené dans la transparence. L'Andra, qui sera confrontée aux ennuis et au travail de réalisation sur le terrain, doit pouvoir se référer à une instance. Nous suggérons donc la création d'une instance spécifique, qui aurait pour mission de gérer l'évolution de Cigéo dans la transparence, en respectant la loi sur la réversibilité de 2016. Il faut que cette structure soit en concertation permanente avec Cigéo et les producteurs, pour identifier les problèmes techniques et les solutions à mettre en œuvre. Les citoyens devraient également y être représentés, car les Commissions locales d'information et de suivi demandent à être informées, et doivent l'être. D'autre part, si des modifications importantes devaient être apportées, ces dernières devraient bien évidemment être évaluées au plan scientifique et technique. Cette instance aurait donc vocation, d'une part, à gérer dans la transparence toutes les demandes de l'Andra et des producteurs, en informant les citoyens, d'autre part, à évaluer Cigéo en se fondant sur l'avis des autorités : autorité de sûreté, commission du type de la CNE2 ou autre commission compétente. Forte de l'ensemble des informations techniques, sociétales et des besoins exprimés, elle proposerait à l'État un projet de décision qui, s'il est accepté, serait communiqué à l'Andra, qui devrait le mettre en œuvre. Cigéo est un projet de longue durée, l'un des grands chantiers que notre pays aura à développer au cours de ce siècle. Cette instance devra donc avoir une vision synthétique et cohérente, associant Cigéo à l'aval du cycle électronucléaire, c'est-à-dire à l'ensemble des déchets susceptibles d'arriver et requérant une prise en compte.

Cet aspect de gouvernance nous semble, ainsi que vous l'avez souligné dans votre introduction, extrêmement important pour l'avenir de Cigéo et pour une gestion raisonnable, raisonnée et fluide de l'aval du cycle.

Nous avons aussi pour mission, ainsi que je vous l'ai expliqué précédemment, de suivre le panorama international dans le domaine de la gestion des matières et déchets radioactifs. Je vais donc donner la parole à MM. Claes Thegerström et Frank Deconinck, qui en suivent l'évolution, et le mettent à jour de façon très systématique pour notre rapport.

**M. Claes Thegerström.** Tous les pays qui utilisent l'énergie nucléaire considèrent que le stockage géologique des déchets de haute activité à vie longue est la solution de référence, et y travaillent. Cette conclusion a été confirmée par les instances internationales, comme l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) à Vienne, ou dans l'Union européenne.

Trois pays - la Finlande, la Suède et la France - sont bien avancés dans leurs programmes. On peut ainsi y prévoir un début de stockage profond des déchets haute activité à vie longue, dans un délai de dix à quinze ans. En Finlande et en Suède, l'équivalent de la demande d'autorisation de création a déjà été déposé. En Finlande, le creusement des premiers tunnels de l'installation de stockage géologique des combustibles usés a même débuté en décembre 2016. Il faut en effet savoir qu'en Finlande comme en Suède, le choix a été fait d'un cycle ouvert, dans lequel les combustibles sont considérés comme des déchets. En Suède, l'autorité de sûreté a donné son feu vert. Les décisions politiques restent à prendre, mais on estime que toutes les décisions nécessaires à la construction d'un stockage profond suédois seront effectives l'année prochaine. Je ne reviens pas sur la situation française, que vous connaissez bien.

Aux États-Unis, une telle possibilité a déjà été étudiée concernant le site de Yucca Mountain. Une demande d'autorisation de création a été déposée sous l'administration Bush, mais arrêtée par l'administration Obama. Il semble que cela redevienne aujourd'hui d'actualité, avec l'administration Trump. La situation reste très incertaine : soit le projet va redémarrer sur le site de Yucca Mountain, soit il va falloir trouver un autre site.

Le Canada est, quant à lui, en recherche de sites de stockage possibles. En revanche, des pays comme l'Allemagne ou la Grande-Bretagne n'ont pas encore débuté cette phase, si bien qu'il s'écoulera probablement vingt ou trente ans avant que n'y commence la construction d'un site de stockage profond.

**M. Frank Deconinck, membre de la CNE2.** Il existe, pour transmuter des actinides mineurs, deux approches : on peut les placer soit dans un réacteur à neutrons rapides, soit dans un ADS (*Accelerator Driven System*), c'est-à-dire un système piloté par accélérateur. La différence essentielle entre les deux approches est la suivante : dans un réacteur, il y a une masse critique d'uranium, qui induit une réaction en chaîne, qu'il faut freiner en permanence pour ne pas qu'elle s'emballe, alors que dans un ADS il n'y a pas de masse critique suffisante, mais une sous-criticité, si bien qu'il ne peut se produire de réaction en chaîne, sauf si l'on apporte des neutrons par une source extérieure. Celle-ci serait fournie par un accélérateur linéaire, accélérant des protons qui, lorsqu'ils entrent en collision avec un métal lourd, produisent des neutrons, susceptibles d'induire des réactions nucléaires. Dès que l'on coupe l'accélérateur, la réaction s'arrête. Actuellement, aucun ADS ne fonctionne au niveau mondial. Le projet le plus avancé, MYRRHA, est européen, et développé en Belgique. Il en est actuellement à une phase de *design*, d'ingénierie. Il n'est pas encore question de demande d'autorisation de création. L'idée serait de tout d'abord construire l'accélérateur linéaire, avant de bâtir le réacteur. Les partenaires français de ce projet sont essentiellement le CNRS, qui a produit des prototypes d'éléments de l'accélérateur, et, dans une moindre mesure, le CEA, qui a prêté, pour une petite expérience pilote dénommée « GUINEVERE », le combustible de MASURCA.

La société se pose également des questions concernant le démantèlement d'anciennes installations nucléaires. Est-ce techniquement possible ? Le coût ne va-t-il pas dépasser toutes les prévisions ? La durée est-elle raisonnable ? En Europe, plusieurs démantèlements d'installations nucléaires types ont été effectués, pour des réacteurs nucléaires et des démonstrations d'usines de retraitement. Ainsi, Eurochemic, en Belgique, première usine de retraitement de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), a, entre autres, servi de prototype pour La Hague. Belgonucléaire, usine de fabrication de MOX, est, en quelque sorte, le prototype de Melox. Ces démantèlements sont soit complètement terminés, soit achevés à 95 %. Techniquement, cela n'a pas posé de problème. Les techniques nécessaires ont été mises en œuvre. En termes de prévision de coûts, la méthodologie a été développée, et les estimations sont exactes dans une fourchette de 30 %, ce qui correspond à toute prévision de coûts d'un démantèlement de grandes installations industrielles. La durée se situe également dans une fourchette d'incertitude de quelques dizaines de pourcents. La méthodologie existe donc au niveau technologique, ainsi qu'en termes de prévisions de coûts et de durée de démantèlement, ce qui constitue un élément important au niveau sociétal.

Un troisième sujet concerne la libération des déchets de très faible radioactivité, voire de radioactivité artificielle, ou même inexistante. Il faut savoir que, dans de nombreux pays, la politique consiste à considérer, si la radioactivité résiduelle descend en-dessous d'un niveau correspondant à quelques pourcents ou même juste à 1 % de l'activité naturelle, que le produit peut être géré de façon non radioactive, donc sortir du cycle radioactif, ce qui permet

par exemple de le recycler. Ce n'est pas le cas en France pour les produits issus d'installations nucléaires. C'est en revanche l'approche utilisée pour les produits sortants d'industries non nucléaires, où la radioactivité présente est pourtant parfois plus élevée. À titre d'exemple, la première usine d'enrichissement par diffusion gazeuse, Georges-Besse I, contient dans ses installations quelques milliers de tonnes de métal, quasiment pas radioactives, qui dans d'autres pays seraient recyclées, alors que ce n'est pas le cas en France. Cette différence tient à deux raisons essentielles. Certains pays, comme la Belgique, qui ont un petit programme nucléaire, auraient des frais de stockage géologique ou en surface beaucoup plus importants qu'un pays comme la France. Il est donc avantageux, pour des raisons économiques, de recycler ces déchets, plutôt que de les stocker. La deuxième raison poussant à libérer, donc à recycler, des déchets très très faiblement radioactifs est d'ordre éthique. Dans certains pays, on considère qu'il n'est pas éthique de jeter des matières premières valorisables. La technologie nécessaire pour récupérer ces matériaux existe. En général, en Europe, les métaux sont envoyés au recyclage en Suède, dans l'usine de Studsvik. Les matériaux obtenus sont ensuite réutilisés, entre autres dans l'industrie automobile. L'expérience des pays qui ont un seuil de libération montre que, moyennant l'existence d'une réglementation, de procédures et de contrôles indépendants extrêmement stricts, la protection des populations peut être assurée. La Commission renouvelle donc sa recommandation d'une réflexion approfondie de la France sur cette thématique.

**M. Jean-Claude Duplessy.** Voici, Monsieur le président, l'ensemble de ce que nous souhaitons vous présenter. Nous sommes à présent, bien évidemment, prêts à répondre aux questions que l'Office pourrait souhaiter nous poser.

**M. Cédric Villani, député, premier vice-président de l'Office.** Le mot « transparence » est revenu très souvent dans vos interventions, et nous y sommes très sensibles. Il est effectivement important d'avancer en toute transparence sur ces questions fondamentales, *a fortiori* lorsque l'on voit ce qu'elles engagent en termes de compétences, de moyens et de planification, à très long terme.

Vous avez exposé des conclusions, mais aussi fait part, en toute transparence, d'un certain nombre de questions, portant sur des aspects de procédure : procédures d'admission des colis bitumineux, possibilités de déclenchement d'incendie, etc., ainsi que sur des éléments économiques, autour notamment de la question des taux d'actualisation.

Nous allons certainement avoir de nombreuses questions à vous poser. Sont en effet présents le sénateur Bruno Sido, qui a travaillé sur ces questions dans le cadre de l'Office parlementaire durant des années, ou encore la députée de la Meuse, Mme Émilie Cariou, particulièrement intéressée par le projet Cigéo et membre désignée du conseil d'administration de l'Andra. Je souhaiterais également citer le député Christophe Bouillon qui, compte tenu de sa fonction de président du conseil d'administration de l'Andra, aura certainement, lui aussi, des questions à vous adresser.

Vous avez évoqué, Monsieur le président, les aspects de gouvernance. Se posent également des questions sur la réalisation pratique, en accord avec la population, et les collectivités locales. Pour être moi-même député de la circonscription concernée au premier chef par le projet Paris-Saclay, je vois, sur un projet beaucoup moins complexe par certains égards que celui que vous avez décrit, combien il y a de difficulté à mettre les choses en musique, par rapport aux multiples couches d'administrations et de politiques locales.

**M. Bruno Sido, sénateur.** Vous avez présenté, en début d'exposé, des généralités sur les déchets de haute activité à vie longue, de moyenne activité à vie longue, de faible activité vie longue, etc., ainsi que les différentes options envisagées pour les stocker d'une façon réversible. Il a ainsi été question de Bure Saudron et Cigéo pour les déchets haute activité et moyenne activité vie longue, ainsi que pour les bitumes. Se pose également le problème du stockage dans l'Aube, pour les déchets de faible activité. Vous nous avez indiqué que ces installations seraient saturées d'ici une quinzaine d'années, même en cas d'extension. Ceci soulève par conséquent la question, très importante, évoquée par M. Frank Deconinck. Aujourd'hui, pour schématiser, la pointe Bic du directeur d'une centrale nucléaire est considérée, bien que n'étant absolument pas radioactive, comme un déchet, auquel il faut trouver une place. Il en va de même, par exemple, pour les bordures de trottoirs. Cette situation ne peut pas durer. Nous sommes, il me semble, dans un pays cartésien. Lorsque nous sommes face à un produit qui n'est pas plus radioactif que la radioactivité naturelle, je ne comprends pas pourquoi on persiste à le considérer comme un déchet qu'il faut stocker d'une façon coûteuse. Ce n'est pas parce que l'on a de la place qu'il faut stocker ce qui ne mérite pas de l'être. En effet, ce stockage a un coût. Ma question est donc la suivante : quand va-t-on changer de politique en la matière, en considérant qu'il faut recycler ce qui peut l'être, puisque les autres pays le font ? Vous avez évoqué *a contrario* l'aspect financier. Je ne trouve pas cela très éthique. Ce n'est pas parce que l'on peut recycler et vendre quelque chose que l'on doit répandre le poison. Je pense que si ces pays ont fait ce choix, c'est plutôt parce qu'ils considèrent que les produits en question ne sont plus radioactifs, donc plus dangereux et susceptibles, à ce titre, d'être recyclés.

Ma deuxième question concerne les bitumes. Vous avez indiqué qu'ils résistaient au feu d'origine extérieure, mais que l'on ne maîtriserait plus rien en cas d'auto-inflammation. Ceci signifie-t-il, ainsi que l'affirme l'IRSN, qu'il faudrait incinérer ces bitumes, pour les vitrifier, ce qui ramènerait au problème précédent, et permettrait de régler la question ?

**M. Jean-Claude Duplessy.** Concernant les éléments de très très faible radioactivité (TTFA), la décision finale n'appartient pas à la CNE2, mais doit être prise par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Nous avons toutefois attiré l'attention sur le problème, et formulé quelques recommandations, en particulier celle consistant à commencer à réfléchir au contrôle que l'on pourra exercer pour que, sous le nom de « produits très très faiblement radioactifs », ne sortent pas, par mégarde ou par erreur, des produits radioactifs. C'est à ce problème que le précédent directeur de l'ASN avait été confronté, voici trente ans. Les progrès ont toutefois été tels que l'on pourrait, aujourd'hui, revoir la réglementation. Mais cette décision relève, je le répète, de l'ASN.

Pour ce qui est des bitumes, il faut savoir que l'on en entrepose depuis plus de cinquante ans, et que les premiers produits sont ceux que l'on connaît le plus mal. Tout bien considéré, le CEA ne nous a jamais dit qu'un seul fût avait pris feu. Nous avons donc une certaine expérience en la matière. Ceci étant, il est logique et normal qu'un laboratoire qui s'occupe de la sûreté pose des questions. Le CEA a donc repris un certain nombre d'expériences. Des résultats nouveaux vont ainsi apparaître. C'est la raison pour laquelle nous recommandons une expertise externe internationale. On peut également remarquer que les évaluations effectuées par l'IRSN utilisaient des modèles relativement simplistes et, donc, en fait, nécessairement pessimistes.

Il y a bien un problème de physico-chimie des bitumes à traiter. Nous recommandons, d'une part, que ces questions soient prises en compte, et, d'autre part, que l'évaluation des résultats soit confiée à une autorité externe, qui pourra émettre un avis indépendant et compétent.

**M. Cédric Villani, député, premier vice-président de l'Office.** Pouvez-vous préciser la nature des travaux scientifiques réalisés ou réalisables sur ces sujets ? Il s'agit, comme vous venez de le souligner, de problèmes de physico-chimie. J'imagine que se posent aussi des questions d'évolution sur le temps très long. Quelle part est laissée à l'expérimentation, quelle part à la simulation, et à la modélisation ? Comment avoir confiance dans l'extrapolation ? À quel niveau de maturité ces questions en sont-elles à travers le monde ?

**M. Robert Guillaumont, membre de la CNE2.** Les enrobés bitumineux sont des matières préparées à partir de boues radioactives, mélangées à haute température avec du bitume. Ce dernier possède différentes propriétés. Par exemple, sa viscosité varie très rapidement en fonction de la température. Au-delà de 50 degrés, le bitume commence à se liquéfier, à 120 degrés il pyrolyse, c'est-à-dire qu'il commence à se décomposer, puis, vers 200 à 230 degrés, s'enflamme en présence d'oxygène. Le colis de bitume n'est donc pas inerte, du point de vue chimique.

Des travaux ont été réalisés par le CEA et les producteurs de déchets, à la demande de la CNE. Ces données sont acquises. Les expériences menées sont allées de la composition microscopique de l'enrobé bitumineux, jusqu'à des essais d'inflammabilité du bitume en présence de feu, ou lorsqu'il est porté à haute température. L'interprétation de ces données est un peu différente, selon qu'elle émane des experts du CEA, ou de ceux de l'IRSN. La Commission avait indiqué, dans l'un de ses précédents rapports, que la résistance au feu des colis de bitume était bonne, dans la mesure où les expériences menées montraient que la température du colis primaire placé dans le colis de stockage n'excédait pas 110 ou 120 degrés.

Des expériences ont aussi été effectuées, voici une dizaine d'années, par le CEA, pour essayer d'incinérer les fûts de bitume dans une torche à plasma, c'est-à-dire une enceinte dans laquelle on peut atteindre une très haute température. Les essais ont conclu qu'il s'agissait d'une opération très difficile à mener. En effet, si le bitume brûle bien, les sels qui y sont incorporés ne sont apparemment pas très bien décomposés. On se retrouve alors avec un résidu d'incinération très difficilement vitrifiable. On ne peut ainsi l'inerté, comme on le fait avec les procédés utilisés à La Hague.

D'autres organismes ont, par ailleurs, des colis de bitumes à gérer. Je pense essentiellement à nos amis belges de Belgonucléaire, qui disposent d'environ 60 000 fûts de bitume, contre 50 000 en France. Tout dernièrement, leur autorité de sûreté leur a demandé de reprendre les études pour analyser les problèmes d'inflammabilité. Il s'agit donc d'un sujet d'interrogation, en Belgique comme en France.

Va-t-on, sur la base des données actuellement acquises, pouvoir trancher, en réduisant les incertitudes, ou va-t-il falloir procéder à de nouvelles expériences ? La décision sera entre les mains des experts qui vont se pencher sur ce problème. Ce problème des bitumes est récurrent : les interrogations courent en effet depuis une dizaine ou une quinzaine d'années. Aujourd'hui, nous sommes, en quelque sorte, à la butée, devant le fait accompli. Il faut trancher ce problème.

Je précise que mon intervention concernait exclusivement cette question, abordée sous l'angle scientifique, et absolument pas le volet économique du problème.

**Mme Emilie Cariou, députée.** Je suis députée de la Meuse et ai été désignée par l'OPECST au conseil d'administration de l'Andra.

Ma première question concerne la problématique de l'information du public. Une campagne avait déjà eu lieu au début des années 2000. Ne pensez-vous pas qu'aujourd'hui une communication grand public serait de nouveau nécessaire, au-delà de la zone d'habitation proche de Bure et de Cigéo ?

Concernant la question de la traçabilité intergénérationnelle, vous partez du principe que l'ensemble de la documentation doit être accessible aux opérateurs de Cigéo, sous forme digitale et analogique, mais l'Andra n'apporte pas la preuve que des marquages de peinture enfouis sous terre seront pérennes. Considérant le caractère multiséculaire de ce projet, comment assurer, dans le temps, la bonne transmission de l'information en termes techniques, et comment transmettre l'information relative aux colis sous terre, alors même que la faisabilité technique d'un marquage traversant le temps n'est pas assurée ? De manière plus générale, comment assurer la transmission intergénérationnelle de l'information, en considérant les ruptures technologiques et langagières que vous soulignez dans vos rapports ?

Vous indiquez par ailleurs que les alvéoles « haute activité » ne sont pas étanches à l'eau : quel est l'état des recherches sur ce sujet assez préoccupant ? La non-étanchéité peut-elle laisser craindre une dissémination par l'eau ? Qu'en est-il exactement ?

Concernant les actes malveillants, vous évoquez ceux qui se sont déroulés en juin et août derniers. Quel état des lieux dressez-vous des actions menées aujourd'hui par l'Andra, en termes de sécurisation contre les actes malveillants ? Pensez-vous que l'Andra travaille, dans ce domaine, en bonne intelligence avec les services compétents, notamment le haut fonctionnaire de défense ?

Vous relevez également, dans ce rapport, que l'accident survenu sur le projet américain *Waste Isolation Pilot Plant* (WIPP) était dû, en partie, à des problèmes de formation du personnel. Quelle est la situation actuelle ? La formation dispensée par l'Andra au sujet du traitement des alvéoles et du suivi est-elle suffisante ? Que préconisez-vous ?

Concernant la réversibilité, j'ai compris du projet qu'à un moment donné, dans un temps géologique lointain, la roche se refermerait autour des éléments stockés. La réversibilité a donc une durée. Pouvez-vous nous apporter quelques précisions à ce propos ? Il apparaît, en effet, que les définitions données de la réversibilité sont assez fluctuantes, d'un document à l'autre.

Sur le coût du projet, nous avons bien noté vos interrogations. Je pense que cela va devoir être précisé d'urgence. Il faudrait notamment définir les éléments d'amortissement et de budgétisation des différents partenaires au projet.

Concernant les seuils de libération, il est en effet légitime de s'interroger sur la possibilité d'aller vers une harmonisation de ces sujets techniques.

Ma dernière question, enfin, porte sur le cycle du combustible RNR. Vous avez parlé du projet ASTRID. Où en est-on dans ce domaine ? À quel horizon se place-t-on, et pour quel

coût ? Dans un contexte général dans lequel la part du nucléaire dans le mix énergétique est vouée à diminuer, ces efforts d'investissement sont-ils pertinents ?

**M. Cédric Villani, député, premier-vice-président de l'Office.** Merci, chère collègue, pour cette salve de questions. Je propose que nous y ajoutions celles du député Christophe Bouillon. Je vous ferai ensuite confiance, président Duplessy, pour organiser au mieux le temps de parole permettant d'y apporter des réponses. Comme vous le constatez, ces sujets extrêmement importants, qui engagent quatre générations au moins, nous passionnent. Ils s'inscrivent, par ailleurs, dans un ensemble d'informations, de communications, de sciences, de technologies et de gouvernance, qui suscite de nombreuses interrogations.

**M. Christophe Bouillon, député.** Devant la complétude des questions de mes collègues, et compte tenu des contraintes de temps, je ne poserai qu'une seule question, non sans avoir précisé au préalable que je n'interviens pas ici en ma qualité de président du conseil d'administration de l'ANDRA, fonction non exécutive et exercée à titre bénévole, mais en tant que parlementaire, et membre de l'Office.

Ma question concerne la concordance des temps, et la façon de l'assurer. Vous avez rappelé que, depuis les années 1990 notamment, c'est le Parlement qui fixe un certain nombre d'objectifs et de règles du jeu. Vous effectuez un travail essentiel d'évaluation, à la fois des recherches, et de tout ce qui a trait aux matières et déchets radioactifs. Mais le rôle du Parlement, qui doit prendre des décisions, voter la loi, et fixer un cadre, est aussi un exercice essentiel et difficile, itératif et incrémental, avec des éléments de recherche ou d'évaluation qui ne sont pas figés.

Je voudrais savoir comment aider à cette concordance des temps, sachant, comme vient de le rappeler le président de séance, que l'on est sur un projet anormalement long, en termes de réalisation. Nous écoutons toujours votre production avec beaucoup d'attention, tout en sachant que rien n'est jamais terminé sur un certain nombre d'aspects que vous avez pu évoquer. Ceci conduit parfois à ce qu'un espace s'ouvre, qui permet le développement d'une forme de contestation de cette expertise, contestation qui sous-tend, par ailleurs, une contestation générale de l'ensemble de ce projet.

**M. Loïc Prud'homme, député.** Je souhaiterais intervenir dans le prolongement de la question précédente sur la concordance des temps, en l'abordant sous un autre angle, et en vous interrogeant, en particulier, sur la demi-période des éléments qui vont être stockés à cet endroit. Il y a notamment, sur les 85 000 m<sup>3</sup> de stockage prévus, 10 000 m<sup>3</sup> de déchets de haute activité. Quelle est la concordance avec la demi-vie de ces éléments, et les cent-quarante ans de visibilité que l'on a aujourd'hui sur ce stockage ? Ceci pose, selon moi, la question, non anodine, de la réversibilité. Cent-quarante ans ne sont rien, comparés à ces périodes estimées à plusieurs centaines de milliers d'années. Comment s'assurer de cette réversibilité ?

Vous avez notamment souligné le fait que ce site était excellent, « à condition que le conditionnement soit adéquat ». Comment s'assurer de cela ? Est-on en mesure d'estimer l'adéquation d'un stockage sur des durées de vie allant au-delà de centaines de milliers d'années ? Ceci génère de l'inquiétude chez de nombreux citoyens.

Ont, par ailleurs, été évoquées des solutions de stockage de subsurface, plus faciles à appréhender en termes de réversibilité, bien que ne résolvant pas nécessairement toutes ces questions de concordance des calendriers et des temps, avec les périodes de demi-vie et l'échelle que l'on peut aujourd'hui imaginer à cent-quarante ans, notamment pour le calcul de la viabilité économique du projet. Pourriez-vous nous en dire quelques mots ?

**M. Jean-Claude Duplessy.** Nous allons essayer d'apporter des réponses très brèves à ces multiples questions.

J'aimerais tout d'abord indiquer que le travail des équipes de l'Andra est très bon. Elles font notamment un effort d'information, dans toute la région, avec l'organisation de présentations grand public, et un transfert d'information. Nous menons également des démarches de ce type, en allant par exemple présenter chaque année au Comité local d'information et de suivi (CLIS) de Bure l'évolution des réflexions, des travaux et des recherches. Il appartient ensuite à l'Andra de faire connaître son travail, mission dont elle s'acquitte raisonnablement bien. Si des besoins s'expriment, elle se fera, très vraisemblablement, un devoir de les satisfaire au mieux.

Nos rapports sont publics et écrits, je l'espère, en des termes que les gens peuvent comprendre. Lorsque des éléments trop techniques sont évoqués, nous les renvoyons en annexe, à la fin du document, de façon à simplifier le propos. Nous faisons de notre mieux, même si cela est relativement difficile, pour nous adresser au public en des termes compréhensibles par des non spécialistes. Sans doute reste-t-il, toutefois, encore un effort à faire en ce sens. Cette responsabilité incombe néanmoins fondamentalement à l'Andra, qui l'assume globalement bien. Si certaines améliorations doivent être apportées à ce travail, il ne faut pas hésiter à le leur signaler.

En ce qui concerne les aspects de malveillance, j'en avais discuté avec le directeur général de l'Andra, voici quelques années. Il m'avait indiqué alors être en relation étroite avec le fonctionnaire de défense. Ceci revêt toutefois des aspects confidentiels, classifiés, si bien qu'il n'avait pu m'en dire davantage, ce que j'avais fort bien compris.

Concernant le problème de l'accident, il faut se rappeler que les accidents miniers existent, malheureusement. Une enquête a été menée, et des recommandations formulées à l'attention de l'Andra. Je précise que ce n'est pas nous qui avons effectué ce travail, pour lequel nous ne sommes pas compétents. L'Andra a reçu un message des autorités compétentes pour améliorer les choses.

En matière de seuils de libération, je crois que nous sommes tous intellectuellement d'accord sur le fait que considérer qu'une bouteille d'eau est radioactive sous prétexte qu'elle est rentrée dans une installation nucléaire est modérément raisonnable. Il y a donc là, indéniablement, un effort à faire.

Concernant la non-étanchéité des alvéoles « haute activité », je donne la parole à M. Emmanuel Ledoux.

**M. Emmanuel Ledoux, ancien vice-président de la CNE2, actuellement expert invité.** Il est effectivement mentionné, dans les rapports de l'Andra et de la CNE2, que les alvéoles « haute activité », d'une centaine de mètres de longueur, sont chemisées par un tubage d'acier de soixante-quinze à quatre-vingts centimètres de diamètre, prévu pour laisser passer les conteneurs de stockage de déchets de haute activité. Dans le concept actuel de

l'Andra, ces chemisages ne sont pas conçus pour être garantis comme étanches. Il semble d'ailleurs assez difficile de garantir l'étanchéité à long terme d'une longue colonne de tubes métalliques. Ceci a fait l'objet de discussions pendant de nombreuses années, mais l'Andra a finalement retenu ce concept-là. Il faut bien comprendre que la sûreté à long terme du stockage, du confinement de la radioactivité provenant des déchets de moyenne activité à vie longue ou de haute activité à vie longue, est basée sur les propriétés physiques et physico-chimiques de l'argilite du Callovo-Oxfordien, formation géologique retenue comme excellente pour ce type de stockage, qui font que les radionucléides ne peuvent pas le traverser, dans des durée correspondant à leur durée de vie, pour parvenir dans l'environnement hydrologique humain. Ce n'est toutefois bien évidemment pas une raison pour faire baigner les colis de déchets de haute activité dans l'eau immédiatement. On va, pour cela, veiller à ne pas mettre les verres directement en contact avec les alvéoles : ils sont d'abord placés dans un colis primaire, en l'occurrence un conteneur en inox étanche, du moins tant qu'il est intègre, ce colis étant ensuite transformé en colis secondaire, en l'insérant dans un sur-conteneur en acier. L'acier choisi, relativement ordinaire, est celui sur lequel l'effet de corrosion est apparu comme étant le mieux modélisable, ce qui est un élément important. Actuellement, ce sur-conteneur est dimensionné pour passer la phase thermique des déchets qui est de l'ordre du millier d'années. On préfère en effet modéliser le comportement des radionucléides à basse température. Les lois sont connues, les constantes thermodynamiques aussi. Elles sont moins bien connues lorsque la température dépasse cinquante degrés.

En conclusion, la protection du verre vis-à-vis de l'eau est assurée par le conteneur et le sur-conteneur, et le confinement à long terme par les propriétés du Callovo-Oxfordien.

**M. Jean-Claude Duplessy.** Je vous propose, Monsieur le président, de passer directement à la question du cycle du combustible RNR. J'essaierai ensuite de dresser un panorama simpliste, ce dont je m'excuse, sur les problèmes de réversibilité et de long terme, que M. Emmanuel Ledoux a déjà abordés.

**M. Maurice Leroy.** Concernant le cycle RNR, la position de la CNE2 consiste à dire qu'étant donné l'existence du projet ASTRID, il faut certainement le réaliser, pour que vous puissiez prendre des décisions. Cette décision est importante. On peut, par exemple, prendre en compte le fait que l'on dispose des matières, de l'expertise, et de la compétence. Même si Superphénix a été arrêté à un moment donné, Phénix a fonctionné pendant très longtemps. En tant que scientifiques, nous considérons que, disposant des matières, de la technologie, et de recherches très avancées, menées par le CEA, cela pourrait permettre d'avoir des réacteurs significativement en avance, du point de vue de la sûreté, par rapport à tout ce qui est connu. Nous avons tendance à considérer qu'il nous faut instruire le dossier pour que, le moment venu, vous puissiez prendre la décision. Il s'agit, selon nous, d'une expérience qu'il faudrait conduire. Il faudrait que ces réacteurs soient capables de produire de l'énergie, de consommer le plutonium le moment venu, et d'être en mesure de réaliser la transmutation. Les propos de M. Frank Deconinck sur les ADS peuvent être considérés comme totalement complémentaires de cette approche. On peut, en effet, imaginer qu'un réacteur à neutrons rapides soit mis en place, produise de l'électricité, consomme le plutonium le jour venu, et que l'on fasse appel à des ADS pour brûler les actinides. Les deux ne sont pas incompatibles.

Si les recherches se développaient, et si le feu vert était donné pour fabriquer ASTRID, qui serait un démonstrateur industriel, l'horizon serait 2040. Le déploiement des réacteurs à neutrons rapides se ferait vers 2050 au mieux. La question devant laquelle nous nous trouvons est la suivante : comme il ne nous est pas possible de prévoir l'évolution du

prix du pétrole, le développement de l'éolien ou encore les progrès du photovoltaïque, nous considérons qu'il s'agirait de l'un des moyens de production envisageables. Nous nous devons donc de vous apporter les éléments susceptibles de permettre la décision.

**M. Jean-Claude Duplessy.** Je vais aborder la question de la réversibilité et du long terme. Le Parlement, dans sa grande sagesse, a voté une loi qui indique que la réversibilité devra être d'au moins cent ans. C'est là notre règle du jeu. La réversibilité est une façon de gérer au mieux le projet, de se donner les moyens de réfléchir, d'ajuster, de continuer, au besoin de revenir en arrière. Cette démarche va durer pendant tout le temps de fonctionnement de Cigéo. Même si nous recommandons de faire des structures d'isolement, celles-ci ne seront jamais irréversibles, même si elles présentent de nombreux avantages, que nous avons exposés dans notre rapport sur le dossier d'options de sûreté. Si l'on décide de les enlever, ce sera possible. La loi a également prévu des revues périodiques de réversibilité. Elle oblige ainsi l'Andra, et peut-être la structure de gouvernance que nous suggérons de mettre en place, à effectuer ces revues tous les cinq à dix ans, voire plus régulièrement, si des problèmes sont découverts. La réversibilité sera donc assurée par une réflexion approfondie, tout au long de la vie de Cigéo, en tant qu'installation industrielle recevant des déchets et les plaçant en profondeur.

Vous avez, M. Loïc Prud'homme, posé une question sur la longue durée de vie de ces éléments. Les scientifiques ont abordé ce problème depuis longtemps, et nous connaissons les durées de vie isotope par isotope. Pour retrouver une radioactivité plus ou moins comparable à la radioactivité naturelle, il faut de l'ordre de quelques centaines de milliers d'années. Bien évidemment, il ne faut pas croire que le conditionnement des colis sera, à ce moment-là, garant de la sûreté. Si nous avons indiqué qu'il fallait s'assurer que le conditionnement des colis soit d'excellente qualité, c'est avant tout pour garantir la sécurité des ouvriers qui vont travailler dans l'installation Cigéo pendant toute la phase d'activité industrielle, des personnels et des populations. Sur le long terme, à l'échelle de millénaires, nous sommes conscients que toutes les réalisations humaines seront détruites, plus ou moins partiellement. La sûreté de Cigéo sera alors assurée par l'argilite du Callovo-Oxfordien. Les déchets seront en effet stockés entre deux couches d'argile, de cent mètres chacune. Nous disposons de calculs, effectués par l'Andra et par des universitaires, qui montrent qu'un isotope, radioactif ou non, déposé au milieu du COx, mettra plusieurs centaines de milliers d'années à arriver jusqu'à un exutoire lui permettant de passer dans les eaux souterraines. Il sera alors extrêmement dilué. La sécurité du stockage sera donc assurée par les propriétés physico-chimiques de l'argile, qui retient les isotopes, radioactifs ou non, pendant plusieurs centaines de milliers d'années.

À titre d'exemple de sûreté géologique, nous connaissons le cas d'un réacteur naturel, qui a fonctionné et s'est arrêté voici quelques milliards d'années, sur le site actuel d'Oklo en Afrique, à une époque où il y avait davantage d'uranium 235, de l'eau et de la végétation. Les métaux ont été naturellement bloqués par le fait que l'on se situait en profondeur, dans un milieu réducteur, sans oxygène. On les a retrouvés tout à fait par hasard, dans la mine d'uranium d'Oklo. Cet exemple montre qu'un stockage géologique de déchets nucléaires, bloqués dans un milieu géologique profond sans oxygène, est susceptible de rester en place pendant un milliard d'années.

Pour nous, Cigéo est un ensemble stable, et qui le restera grâce à la présence de l'argilite du Callovo-Oxfordien.

Je terminerai en répondant à la question relative à la possibilité d'un stockage en subsurface. Nous avons longuement réfléchi à ce problème et sommes arrivés à la conclusion que ce n'était absolument pas à recommander. Ce stockage concerne en effet des périodes très longues. Or, nous savons que l'érosion, calculée par l'Andra et les géologues, est telle, que si l'on place des produits à vie longue en subsurface, alors ils vont nécessairement arriver en surface un jour ou l'autre, à des temps relativement brefs.

Le deuxième danger identifié relativement à un stockage en subsurface, qui a fait que la première CNE a indiqué en 2006 qu'elle ne recommandait pas un entreposage de très longue durée, est que nous avons beaucoup plus confiance dans la stabilité de la géologie du bassin de Paris, qui est avérée depuis plus de cent millions d'années, que dans celle des populations et des sociétés. Nous ne pouvons absolument pas exclure des problèmes de population. On assure beaucoup plus difficilement la sécurité d'installations très peu profondes, que de sites profonds. Si, de surcroît, on se dirige, à un horizon que je ne peux évaluer, vers la fin d'une industrie nucléaire, au profit de la production d'énergies renouvelables, alors on ne saura plus traiter ces déchets dangereux qui arriveraient subitement en surface, et deviendraient accessibles. La sûreté que nous pouvons garantir par Cigéo est, de ce point de vue, très supérieure à tout ce qui peut être fait dans des installations de subsurface ou d'entreposage, parfaitement jouables, sans doute, sur des temps séculaires, mais qui deviennent dangereuses lorsque l'on sort d'un cadre industriel.

**M. Cédric Villani, député, premier vice-président de l'Office.** Ce sont des sujets que nous aurons l'occasion de rediscuter dans les années à venir. Vous avez évoqué la question de la coexistence de plusieurs types de fermeture ou semi-fermeture du cycle, la piste RNR et la piste ADS, avec le projet Myrrha, dont l'épicentre est belge, dans lequel est mise en œuvre une autre technologie utilisant des protons accélérés, générés par bombardement de métaux lourds, focalisé sur la transmutation des actinides mineurs, sans viser la production d'énergie. Nous avons prévu d'avoir, d'ici quelque temps, une audition évoquant ces différentes techniques, en termes de comparaison et de complémentarité.

Est revenu à plusieurs reprises, dans vos interventions, le constat que le choix final est de nature éminemment politique. La situation est, en l'occurrence, particulièrement complexe, parce que l'on se situe sur des projets par nature expérimentaux, mais sur des échelles de temps telles que l'on a du mal à les qualifier de recherches. Aucun de nous ne sera en vie, sauf progrès improbables de la médecine, quand le chantier sera achevé. Ceci rend la décision d'autant plus difficile. Lorsqu'il s'agit de recherches, on est tenté de penser que cela vaut la peine d'essayer pour voir. Mais les 35 milliards d'euros en jeu, un montant dont j'ai bien compris qu'il était susceptible d'évoluer, invitent à la prudence. Nous sommes également sensibles à l'idée, que vous avez rappelée, selon laquelle ne rien faire peut aussi être excessivement dangereux, au sens où le stockage des déchets en surface, ou à faible profondeur présente des risques considérables pour les générations à venir. Autant dire que nous sommes sur des choix très délicats, dans lesquels la décision finale revient au politique, dûment informé et soucieux de prendre toutes ses responsabilités.

Mes chers collègues, avez-vous quelque chose à ajouter avant que nous concluions cette matinée riche ?

**M. Jean-Claude Duplessy.** Le mot final est que nous avons demandé à l'Andra de nous présenter un dossier dans lequel elle nous démontrera qu'elle est capable, avec les technologies actuelles, d'installer à Bure un centre de stockage géologique profond des déchets répondant à toutes les exigences, de sorte que si nous avons cette assurance, alors

nous considérerons que, dans la mesure où la recherche permettra d'améliorer les choses et de les réajuster, nous aurons au moins la garantie qu'aujourd'hui, avec les moyens de l'année 2017, nous sommes en capacité de réaliser Cigéo correctement, donc d'assurer la sûreté des populations.

**M. Cédric Villani, député, premier vice-président de l'Office.** Nous avons bien pris note de vos demandes. C'est en effet notre mission aussi que de faire office de médiateur, de facilitateur. Il s'agit d'un débat dans lequel de nombreux acteurs sont déjà présents ; sans doute en viendra-t-il d'autres. C'est le rôle de l'Office parlementaire que de continuer à instruire ce débat, avec les experts, les politiques et les citoyens.

*La séance est levée à 12 h 10*

### **Membres présents ou excusés**

#### **Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques**

Réunion du jeudi 23 novembre 2017 à 10 heures

Députés

*Présents.* - M. Christophe Bouillon, Mme Émilie Cariou, M. Jean-Luc Fugit, M. Loïc Prud'homme, M. Cédric Villani

*Excusés.* - M. Jean-François Eliaou, M. Antoine Herth

Sénateurs

*Présents.* - M. Jérôme Bignon, M. Roland Courteau, Mme Florence Lassarade, M. Ronan Le Gleut, M. Gérard Longuet, M. Bruno Sido

*Excusés.* - Mme Annie Delmont-Koropoulis, M. Pierre Médevielle, Mme Catherine Procaccia