

A S S E M B L É E N A T I O N A L E

1 7 ^e L É G I S L A T U R E

Compte rendu

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

- Audition de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sur son avis n° 2025-AV-016 relatif à la demande d'autorisation de création de Cigéo 2
- Audition de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2) sur son rapport relatif au dossier de demande d'autorisation de création du centre Cigéo..... 17

Jeudi 4 décembre 2025

Séance de 9 heures

Compte rendu n° 217

SESSION ORDINAIRE DE 2025-2026

**Présidence
de M. Stéphane
Piednoir,
*président***



Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Jeudi 4 décembre 2025

– Présidence de M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office –

La réunion est ouverte à 9 h 05.

Audition de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) sur son avis n° 2025-AV-016 relatif à la demande d'autorisation de création de Cigéo

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Notre réunion de ce jour est consacrée au projet Cigéo, dont nous oublions presque qu'il s'agit de l'acronyme de « centre industriel de stockage géologique ». Cette installation nucléaire de base (INB) aura pour fonction de stocker les déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue en couche géologique profonde.

Conformément au calendrier prévu pour le déroulement de ce projet, qui s'étalera sur plusieurs décennies, une nouvelle phase a débuté la semaine dernière, avec l'adoption d'un avis de l'ASNR (Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection) et d'un rapport de la CNE2 (Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs) sur la demande d'autorisation de création de Cigéo. Celle-ci avait été déposée par l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) en janvier 2023.

L'avis de l'ASNR et le rapport de la CNE2 sont deux documents essentiels à la vie du projet. Ils sont prévus à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement – dont le texte a été créé par la loi du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, puis enrichi et codifié. Ils doivent notamment permettre à l'Office de réaliser une évaluation de la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Dans cette perspective, les auditions de ce matin revêtent une grande importance, raison pour laquelle elles sont publiques et diffusées en direct, puis seront disponibles à la demande sur les portails vidéo de l'Assemblée nationale et du Sénat. Les deux documents qui vont nous être présentés seront rendus publics à l'issue de la séance.

La gestion des déchets radioactifs est un sujet qui occupe l'Office depuis sa création en 1983. Conçu comme un outil de contrôle de la politique publique en matière de nucléaire civil, il est intervenu de manière décisive dans l'élaboration de la loi Bataille de 1991, qui a instauré un programme de recherche de quinze ans pour réfléchir aux solutions de gestion des déchets radioactifs les plus dangereux. Il a ensuite contribué à la loi du 28 juin 2006, qui a retenu la solution du stockage géologique profond, en ajoutant le principe de réversibilité pendant 100 ans et la poursuite des recherches sur d'autres solutions éventuelles, enfin à celle du 25 juillet 2016, qui a défini les modalités de création de l'installation et précisé la notion de réversibilité.

La crédibilité de notre pays dans le domaine nucléaire repose non seulement sur sa capacité à construire de nouveaux réacteurs et à disposer de centrales sûres et performantes, mais aussi sur le sérieux avec lequel est envisagé le traitement des déchets radioactifs. L'inscription de ce gigantesque projet dans un temps très long et la transparence qui caractérise chacune de ses étapes visent à répondre aux attentes exprimées à ce sujet.

Nous allons tout d'abord entendre l'ASNR, qui va présenter son avis adopté le 25 novembre dernier. Je rappelle que le président de l'ASNR, Pierre-Marie Abadie, s'est déporté de tous les sujets liés aux déchets en raison de ses fonctions antérieures à l'Andra. Il n'est donc pas présent ce matin.

M. Olivier Dubois, commissaire de l'ASNR. – L'ASN – qui n'était pas encore l'ASNR – a été saisie en mars 2023 par le ministère de la transition énergétique pour procéder à l'instruction technique de la demande d'autorisation de création de Cigéo déposée par l'Andra. À l'issue de cette instruction, l'ASNR a estimé que le dossier, enrichi des engagements pris par l'Andra pendant la procédure, pouvait donner lieu à enquête publique, en vue d'une autorisation de création de l'installation et de l'engagement de la phase industrielle pilote. D'autres compléments devront toutefois être apportés par l'Andra à chacun des grands jalons du projet, dès le début de la phase industrielle pilote et jusqu'à la mise en service partielle de l'installation, qui est aujourd'hui prévue à l'horizon 2050.

Cet horizon temporel illustre le fait que la gestion des déchets radioactifs est un enjeu de sûreté nucléaire et de radioprotection qui doit être envisagé sur le très long terme. Dès 1991, la loi dite Bataille envisageait trois axes de recherche pour la gestion des déchets radioactifs de haute activité à vie longue. Parmi eux figurait l'étude des possibilités de stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes.

En 2000, l'Andra a commencé la construction d'un laboratoire souterrain à Bure, dans la Meuse et en 2005 un débat public national a été organisé sur les solutions de gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

En 2006, l'Autorité de sûreté nucléaire a émis un avis sur les recherches relatives à la gestion des déchets de haute activité et à vie longue et a conclu que le stockage en formation géologique profonde était une solution de gestion définitive qui semblait incontournable. La même année, une loi a officialisé le choix du stockage géologique profond comme solution de référence pour la gestion de ce type de déchets et posé le principe de réversibilité.

En 2013, un débat public a été organisé sur le projet Cigéo et, en 2016, le Parlement a adopté une loi sur les modalités de création de l'installation, sur sa réversibilité et sur la phase industrielle pilote. L'Andra a déposé son dossier d'options de sûreté la même année. Dans son avis rendu en 2018, l'ASN a estimé que pour un dossier au stade des options de sûreté, il était suffisamment mature.

Aujourd'hui, le stockage géologique profond est reconnu au niveau international comme la solution de référence pour la gestion à long terme des déchets de haute activité. Elle est développée dans différents pays, notamment en Finlande, où l'installation est construite et prête à entrer en service.

Le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo a été déposé par l'Andra en janvier 2023.

L'avis de l'ASNR, que nous allons vous présenter, a été rendu à l'issue d'une phase d'instruction technique qui s'est déroulée de mai 2023 à juin 2025 et qui a fortement mobilisé les experts de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), de l'ASN – puis de l'ASNR depuis sa création le 1^{er} janvier 2025 – et du groupe permanent d'experts pour les déchets placé auprès de l'ASNR. Ce dernier a été réuni à trois reprises pour que soit recueilli son avis sur les données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo, sur la sûreté en phase d'exploitation des installations de surface et souterraines et sur la sûreté après fermeture.

Un rapport d'expertise a été préparé avant chaque réunion du groupe permanent. Ces rapports d'expertise, les avis d'expertise, ainsi que les avis du groupe permanent correspondants ont tous été publiés et sont disponibles sur le site de l'ASNR.

L'expertise a fait l'objet de concertations, d'un dialogue technique et de consultations avec les parties prenantes, notamment le comité local d'information et de suivi (CLIS) du laboratoire de Bure, l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) et des représentants d'associations.

Le contenu des saisines de l'IRSN et du groupe permanent a fait l'objet d'une démarche de recueil des attentes et préoccupations de ces parties prenantes.

Le projet d'avis de l'ASNR a donné lieu à une consultation des parties prenantes entre le 3 octobre et le 6 novembre. À l'occasion de cette démarche, celles-ci ont exprimé des préoccupations relatives à l'acquisition de la démonstration de sûreté vis-à-vis de certains risques, à l'inventaire susceptible d'être autorisé, au suivi des engagements pris par l'Andra, aux futures opportunités d'expression lors des différentes phases de développement et d'autorisation du projet ainsi qu'aux conditions de déroulement de l'enquête publique.

L'ASNR a pris en compte ces préoccupations, qui feront l'objet d'une synthèse publiée en même temps que l'avis, et entend poursuivre le dialogue avec les parties prenantes à chacune des grandes étapes du projet Cigéo.

L'avis de l'ASNR porte sur la suffisance du dossier remis par l'Andra au stade de la demande d'autorisation de création de l'installation nucléaire de base (INB) Cigéo, en particulier sur le contenu de la version préliminaire du rapport de sûreté.

Les attendus de la version préliminaire du rapport de sûreté remise au stade d'une demande d'autorisation de création d'une INB sont définis dans le code de l'environnement et précisés dans une décision de l'ASN datant de 2015. Cette version doit comporter des éléments suffisamment détaillés pour avoir la raisonnable assurance que, compte tenu de l'exploitation prévue de l'installation, la démonstration de sûreté sera confirmée au moment de la remise de la version du rapport de sûreté établi pour la demande d'autorisation de mise en service de l'INB. À l'issue de l'instruction technique, le collège de l'ASNR considère que le dossier de l'Andra répond aux attendus de la réglementation, aussi bien pour les phases d'exploitation de Cigéo que pour celle qui suivra sa fermeture.

L'Andra a acquis un niveau de connaissances suffisant concernant la formation géologique, les matériaux cimentaires et les colis de déchets. L'inventaire de déchets qu'elle a retenu dans son dossier constitue une base robuste pour définir l'inventaire des déchets qui seront autorisés à être stockés dans Cigéo. La démarche de sûreté en exploitation et après la fermeture est satisfaisante. Quant au système de stockage, il présente, dans l'architecture

retenue à ce stade, une bonne capacité de confinement après sa fermeture et paraît robuste vis-à-vis des événements perturbateurs considérés et des incertitudes identifiées.

Lors de son instruction, l'ASNR a néanmoins identifié des compléments ou des éléments de confirmation de la démonstration de sûreté qui devront être apportés par l'Andra.

Ces compléments – que l'Andra s'est, pour la plupart d'entre eux, engagée à apporter – pourront, le cas échéant, faire l'objet de prescriptions de l'ASNR. S'agissant d'un projet industriel de longue haleine, ils devront être fournis ultérieurement, en particulier à l'occasion du franchissement des grandes étapes industrielles du projet.

Comme le prévoit la loi, la phase industrielle pilote devra permettre « de conforter le caractère réversible et la démonstration de sûreté de l'installation, notamment par un programme d'essais *in situ* ».

L'avis technique de l'ASNR est une étape du processus d'autorisation de création. Dans la perspective de l'enquête publique envisagée en 2026, puis du décret d'autorisation de création, ce processus comprend également des consultations réglementaires, notamment des collectivités territoriales, de l'autorité environnementale et du comité local de l'eau.

M. Pierre Bois, directeur général adjoint de l'ASNR. – Je vous remercie de nous donner l'occasion, grâce à cette audition, de vous présenter le bilan des années de travail qu'ont nécessité l'instruction technique et l'expertise de la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Le projet Cigéo a débuté il y a très longtemps et durera encore extrêmement longtemps. Dès l'origine, le Parlement a été fortement impliqué. Ce n'est pas le projet d'un exploitant, mais celui de la nation. Des dispositions législatives ont donc encadré chacune de ses étapes clés.

Nous avons évoqué la loi Bataille de 1991, puis la loi de 2006 et la loi de 2016. La séquence actuelle vise également à donner sa place à la représentation nationale dans le processus qui doit conduire à une éventuelle décision d'autorisation du projet et, plus globalement, dans les choix que doit faire la nation en matière de gestion des déchets radioactifs.

Dans le futur, d'autres séquences appelleront l'attention du Parlement, qui continuera donc à être associé et impliqué dans la vie du projet. Une loi est déjà prévue à l'issue de la phase industrielle pilote pour préciser les dispositions relatives à la réversibilité. De même, seule une loi pourra décider de la fermeture définitive de l'installation.

L'avis qui vous est présenté aujourd'hui a été précédé de plusieurs décennies de travaux préparatoires menés par l'Andra. Ils ont déjà donné lieu à de nombreuses expertises et prises de position de l'IRSN, de l'ASN et désormais de l'ASNR.

S'agissant du déroulement de la procédure, le processus d'instruction technique et d'expertise qui a suivi la demande d'autorisation de création déposée par l'Andra a été divisé en trois thématiques, concernant l'examen des données de base, la sûreté en exploitation et la sûreté à très long terme. Nous devons désormais rendre compte de nos travaux devant l'Office, qui bénéficiera également de l'éclairage de la CNE2. Puis, nous informerons la commission locale d'information et les consultations réglementaires des collectivités locales,

du comité local de l'eau et de l'Autorité environnementale s'engageront. L'ensemble de ces éléments fournira la matière nécessaire au lancement de l'enquête publique, qui, à ce jour, est prévue au second semestre 2026.

L'enquête publique viendra clôturer une nouvelle séquence de la procédure, après la séquence d'instruction technique et d'expertise qui s'achève aujourd'hui. Les deux séquences sont nécessaires au processus de prise de décision, qui fera l'objet d'un décret en Conseil d'État. De ce point de vue, le projet Cigéo se distingue des autres installations nucléaires de base, dont l'autorisation n'exige qu'un décret simple.

En matière de participation de la société civile, un dispositif inédit a permis à la fois une implication constante des parties prenantes et leur montée en connaissances et en compétences.

Dès la remise du dossier, les saisines pour expertise ont fait l'objet d'ateliers de concertation. Ainsi, les sujets qui revêtaient une importance particulière pour les parties prenantes ont pu être intégrés dans le cadrage de l'examen de la demande d'autorisation. Un dialogue technique, initié par l'IRSN et poursuivi par l'ASNR, a par ailleurs été mené tout au long de la procédure. Enfin, l'avis qui vous est présenté aujourd'hui a fait l'objet d'une consultation des parties prenantes au mois d'octobre.

Pour citer quelques chiffres, quinze réunions plénières et ateliers ont été organisés pendant les trente mois qu'a duré le travail d'expertise et nous avons recueilli environ 400 commentaires et questions. De cette façon, nous avons pu rendre l'expertise plus robuste, en tenant compte des contributions de la société civile, et permettre à celle-ci de se forger sa propre opinion, afin de mieux participer au processus qui conduit à la décision publique.

J'illustrerai cette démarche en évoquant la co-construction par l'ASNR et par l'Andra d'un scénario d'abandon du site pendant la vie du projet. Les participants avaient au préalable identifié différents scénarios qu'ils redoutaient et celui-ci a été choisi à l'issue d'une réflexion collective et d'un vote. Il n'avait pas été envisagé initialement par l'Andra, qui a dû se livrer à des modélisations supplémentaires et prendre des engagements. Le dossier a ainsi pu être enrichi grâce au dialogue technique mené durant la phase d'expertise.

Au moment de finaliser la rédaction de notre avis, nous avons choisi de le présenter à l'état de projet aux parties prenantes qui avaient participé soit aux ateliers de concertation au moment du cadrage des saisines, soit au dialogue technique conduit pendant l'expertise. Cette consultation, qui s'adressait à un cercle de parties prenantes qui connaissent déjà bien le dossier, a permis de recueillir quinze contributions écrites, dont nous soulignons la richesse et la qualité.

Parmi les principaux sujets évoqués figuraient le caractère suffisant du dossier pour lancer une enquête publique, les modalités de cette dernière ou la possibilité de la décaler en raison de sa complexité, ainsi que les éléments de démonstration de sûreté qui sont attendus mais ne figurent pas encore dans le dossier, les inventaires – ce thème est revenu très fréquemment –, le suivi des demandes faites à l'Andra et des engagements pris ou l'implication des parties prenantes dans la suite du processus. D'autres questions, qui ne relevaient pas toutes du dossier, ont également été abordées, comme les choix techniques faits en matière de descenderie des colis.

Cet exercice de consultation a donné lieu à un séminaire de restitution le 6 novembre. Il a permis aux parties prenantes d'échanger sur leurs prises de position respectives et d'échanger avec l'ASNR sur la manière dont leurs contributions ont été prises en considération dans la version définitive de l'avis.

Je ne m'attarderai pas sur le contenu de l'avis, qui vous a déjà été présenté par le commissaire Olivier Dubois. Les messages importants sont les suivants : le dossier présente une démonstration préliminaire de sûreté qui répond aux attendus pour une demande d'autorisation de création et l'enquête publique, moyennant les compléments qui ont été identifiés, peut avoir lieu valablement.

La présente audition marque l'aboutissement de la phase d'instruction technique et d'expertise du dossier et le démarrage de la phase de consultation. Il s'agit d'une étape clé dans la procédure, mais notre avis ne constitue ni une décision ni un feu vert. Il n'est qu'un éclairage avant de passer à l'étape suivante, qui, elle-même, se poursuivra par l'enquête publique. Le cas échéant, le décret d'autorisation de création pourrait intervenir en 2028.

Dans l'hypothèse où il serait délivré, le décret, pris en Conseil d'État, fixera le périmètre de l'installation et sa capacité. Il définira également les éléments essentiels pour la sûreté, qui donneront lieu à des prescriptions techniques édictées par l'ASNR. L'élaboration de celles-ci, qui viendront préciser la manière dont l'exploitant devra se conformer aux dispositions du décret d'autorisation, sera soumise à consultation.

L'étape suivante prévue par la loi est l'autorisation de mise en service accordée par l'ASNR. Dans un premier temps, jusqu'en 2050, elle serait limitée au périmètre de la phase industrielle pilote. Un bilan serait ensuite transmis au Parlement. Pour que la mise en service complète puisse être autorisée par l'ASNR, une loi précisant les conditions de réversibilité serait obligatoire.

Entre 2028 et 2050, de nombreuses opérations devraient être engagées, dont les travaux de terrassement, la construction des bâtiments nucléaires de surface, le creusement des liaisons entre le sol et le fond et celui des premières alvéoles destinées à recevoir les déchets. Des expérimentations avec des colis radioactifs devraient également être réalisées.

Durant cette longue période, les parties prenantes ont insisté sur la nécessité de définir des jalons techniques, pour permettre le franchissement de certaines étapes clés du projet et offrir des occasions de poursuivre le dialogue engagé avec la société civile.

Dans notre avis, nous avons identifié ces jalons et la nature des prescriptions que nous pourrions édicter si le décret d'autorisation de création était délivré. Puisque le Parlement joue un rôle dans le déroulement de la procédure, nous souhaitons vous apporter des précisions sur les modalités d'encadrement technique du projet par l'ASNR.

Nous sommes à votre disposition pour répondre à l'ensemble de vos questions.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Je tiens à saluer la qualité de votre travail et je me réjouis que la France puisse disposer d'une Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection aussi robuste. Malgré les transformations qui sont intervenues au sein de cette organisation, les délais qui prévoyaient que votre avis soit adopté avant la fin de l'année ont pu être respectés.

Il est très important d'avancer sur les sujets liés à la gestion des déchets radioactifs, qui font partie intégrante de notre politique publique en matière d'énergie nucléaire. S'ils ont été un peu délaissés lors de son lancement dans les années 1970, nous ne pouvons plus fermer les yeux. D'ailleurs, la relance de la filière, dont il est question depuis 2022, n'est pas envisageable sans intégrer cette dimension.

M. Maxime Laisney, député. – Je commencerai par deux remarques liminaires, qui ne vous sont pas directement adressées.

Tout d'abord, le concept même de Cigéo me laisse circonspect. L'Andra admet ne pas chercher à construire un coffre-fort, mais à organiser une compétition entre la migration des radionucléides jusqu'à la surface et la décroissance de leur radioactivité. En d'autres termes, on admet que des fuites interviendront, tout en espérant que ce soit dans suffisamment longtemps pour qu'elles soient inoffensives.

Ensuite, je regrette que les autres pistes qui auraient pu être explorées aient été rapidement abandonnées. M. Mercadal, qui présidait le groupe de travail sur les solutions alternatives à Cigéo en 2005 et 2006, a récemment écrit que seul l'entreposage en subsurface de colis vitrifiés crédibilisait, aux yeux du public, la réversibilité promise par la loi de 2016, notamment pour laisser le temps d'envisager le développement de la transmutation des matières les plus dangereuses.

Pour en venir plus précisément au sujet, je ne comprends pas bien cet avis de l'ASNR sur la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Vous avez réalisé une expertise exigeante, comme en témoigne votre rapport et particulièrement ses annexes, et vos demandes de compléments d'information et de démonstrations de sûreté sont nombreuses. Or elles concernent des éléments fondamentaux, comme la conception de la descenderie, la performance des scellements, le conditionnement des colis et la gestion des colis bitumés, le risque d'incendie ou d'explosion, la criticité à long terme, *etc.* Elles ne portent pas sur des scénarios plus ou moins improbables, mais sur le cœur même du projet. De même, sur la réversibilité, qui était l'un des gages de son acceptation, vous formulez seize nouvelles demandes.

Comment, malgré tous ces manquements, pouvez-vous rendre un avis favorable et demander à l'Andra d'apporter des éléments complémentaires ou de faire des démonstrations de sûreté ultérieurement, y compris quand l'enquête publique aura été réalisée et le projet lancé depuis dix ans ? Cette situation donne le sentiment de nous mettre devant le fait accompli, d'autant que les colis stockés durant la phase industrielle pilote resteront dans l'installation en attendant l'autorisation de mise en service.

Le pari me semble risqué pour votre institution, dont la naissance est intervenue dans des conditions compliquées. La fusion entre l'IRSN et l'ASN n'a pas été facile et, comme cela a été rappelé, le président de l'ASNR, Pierre-Marie Abadie, s'est déporté du dossier, car il était l'ancien directeur général de l'Andra, et donc le promoteur du projet Cigéo.

Dans ce dossier, l'ASNR joue sa crédibilité et la confiance du public. Je me demande d'ailleurs si ce que vous proposez est tout à fait conforme au code de l'environnement. Beaucoup de questions sont en tout cas posées. Quelles sont les demandes de compléments sur lesquelles l'Andra ne s'est pas encore engagée ? Comment comptez-vous suivre et rendre publiques les réponses de l'Andra ? D'après vous, comment l'Andra pourra-t-elle à la fois

lancer les chantiers et mener les études que vous avez réclamées ? Qu'est-il prévu si l'Andra ne respecte pas tout ou partie de ses engagements ?

Par ailleurs, votre rapport me semble assez succinct s'agissant des installations de surface, qui constitueront la partie la plus sensible du projet, au moins pendant les premières décennies.

En ce qui concerne l'eau, je crois que l'Andra a lancé une étude hydrogéologique mais nous n'en connaissons pas les résultats. Ne serait-il pas préférable d'en disposer avant de démarrer l'enquête publique ? Pour ma part, je suis favorable à son report. Vos demandes sont justifiées et nous pourrions attendre que l'Andra y réponde.

M. Olivier Dubois. – Nous avons mené une instruction du dossier et une expertise technique rigoureuses et exigeantes. Nous avons analysé en détail les dispositions prévues par l'Andra. Nous avons revu toutes les données et les principes utilisés pour apporter la démonstration de sûreté, que ce soit en exploitation ou après la fermeture de l'installation.

Comme je l'ai rappelé, nous sommes dans le cadre d'une demande d'autorisation de création. À ce stade, selon les termes qui sont utilisés dans la réglementation, nous devons avoir la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté complète sera apportée au moment de la mise en service. Or nous avons acquis la conviction qu'elle le sera, moyennant des compléments qui devront être fournis ultérieurement.

Notre avis comporte deux parties. Dans la première, nous considérons que le dossier est suffisamment mûr pour engager l'enquête publique. Dans la seconde, nous détaillons, de manière transparente, les compléments qui devront être apportés par l'Andra à l'occasion des différents jalons industriels qui ont été présentés par Pierre Bois.

Dans un projet industriel de longue haleine, il nous paraît normal que des compléments soient nécessaires et nous estimons que leur absence n'est pas rédhibitoire au stade d'une demande d'autorisation de création.

Mme Stéphanie Guénot-Bresson, commissaire de l'ASNR. – De nombreuses expertises avaient été menées avant même que l'Andra dépose sa demande d'autorisation de création. Lorsqu'elle l'a fait de manière formelle, au début 2023, et que nous avons été saisis par le gouvernement, les experts connaissaient déjà bien le sujet. À la fin de l'instruction, nous pouvons avoir la raisonnable assurance que la démonstration de sûreté complète sera apportée et que l'autorisation de mise en service pourra être accordée.

Des compléments techniques sont certes nécessaires, mais l'histoire n'est pas terminée et de multiples jalons, sur lesquels nous serons exigeants, vont intervenir. Sur la durée d'un tel projet, il est normal de se poser des questions, notamment parce que de nouvelles solutions techniques émergeront.

En toute transparence, nous avons listé les points sur lesquels nous attendons des compléments. L'Andra devra mener des programmes d'essais plus exigeants que ceux qu'elle a réalisés jusqu'à présent dans son laboratoire de Bure. Dans une perspective de proportionnalité par rapport aux enjeux, nous assumons toutefois que certaines réponses puissent n'intervenir qu'après le début de la phase industrielle pilote. L'ASNR édictera des prescriptions techniques pour s'assurer que la démarche est correctement encadrée.

Si l'Andra ne respectait pas ses engagements ou n'apportait pas les réponses qui lui sont demandées, nous aurions le pouvoir d'arrêter le processus et de revenir vers vous et vers les parties prenantes. En effet, dans notre avis, nous nous sommes engagés à poursuivre la concertation avec les parties prenantes et à les associer à toutes les décisions qui seront prises ultérieurement par l'ASNR.

Mme Géraldine Pina, commissaire de l'ASNR. – Nous n'en sommes pas au stade d'une mise en service mais seulement d'une autorisation de création. Parmi les points qui nous semblent mériter des compléments, aucun n'est considéré comme rédhibitoire. Si c'était le cas, nous l'aurions signalé.

M. Pierre Bois. – Vous avez soulevé la question de l'opportunité du projet. Or l'examen de la demande d'autorisation de création n'a pas vocation à revenir sur ce sujet. Les orientations ont déjà été fixées par la loi.

Vous avez cité des points qui nécessitent des compléments, mais la démonstration préliminaire de sûreté présentée par l'Andra est satisfaisante sur de nombreux autres aspects. S'agissant des données de base par exemple, nous avons posé des questions à propos de la corrosion des matériaux métalliques, des flexures géologiques et des ouvrages de scellement. À l'inverse, nous avons considéré que le travail réalisé sur les inventaires, les colis, la caractérisation de la roche hôte, les matériaux cimentaires, la maîtrise des transitoires thermiques, hydriques, mécaniques et chimiques ou les aléas météorologiques avait un niveau de maturité suffisant.

Votre attention a logiquement été attirée sur les sujets qui nécessitent des compléments, mais pour un certain nombre d'entre eux, l'engagement de la phase industrielle pilote sera nécessaire pour disposer de la totalité de la démonstration de sûreté. Dans le cas d'une installation unique en son genre, des expérimentations en conditions réelles doivent en effet confirmer les résultats théoriques qui sont présentés dans le dossier de demande d'autorisation.

À l'issue de la phase industrielle pilote, son bilan sera analysé et la poursuite du projet pourra être conditionnée à des prescriptions complémentaires ou donner lieu à des dispositions restrictives.

Vous avez exprimé la crainte que l'Andra n'apporte pas toutes les réponses souhaitées. Dans cette hypothèse, nous avons la possibilité – et nous l'utiliserons – d'édicter des prescriptions qui lui imposent de le faire.

Nous avons entendu vos attentes de transparence sur la manière dont l'Andra mettra en œuvre ses engagements et répondra aux prescriptions qui lui auront été faites. Dans cette perspective, nous envisageons que certaines de nos prescriptions s'accompagnent d'une obligation d'information de la commission locale d'information. L'ASNR s'est également engagée à poursuivre le dialogue ouvert durant la phase d'instruction et d'expertise, conformément aux souhaits des parties prenantes et des garants de la Commission nationale du débat public (CNDP), qui assurent le suivi de la concertation continue autour du projet. Les messages que vous avez relayés ont été entendus.

Mme Delphine Pellegrini, adjointe au directeur de la recherche et l'expertise en environnement de l'ASNR. – Au cours des trois volets de l'expertise, l'Andra a pris soixante-sept engagements. Il reste quatre sujets, mentionnés dans l'avis de l'ASNR, sur lesquels elle ne s'est pas prononcée.

Deux sujets sont relatifs à la géologie. Le premier porte sur des flexures qui ont été identifiées depuis la surface par des méthodologies sismiques. Elles se trouvent dans la couche hôte et pourraient entraîner des modifications de propriétés mécaniques qui nécessiteraient peut-être d'adapter la conception ou l'architecture du stockage à cet endroit. Il a donc été demandé à l'Andra d'en effectuer une reconnaissance pour le bilan de la phase pilote, au cours de laquelle cette zone ne sera pas exploitée. Le deuxième point concerne la reconnaissance de l'emplacement des futurs scellements qui permettront de fermer l'installation.

Le troisième sujet est d'ordre méthodologique et porte sur l'évaluation quantitative de l'impact sanitaire et environnemental des rejets liquides de substances chimiques toxiques de Cigéo. L'Andra a présenté des évaluations sur la base de maximums qu'elle s'engage à ne pas dépasser. Or au niveau international, il est d'usage de considérer les rejets réels de l'installation pour essayer de les minimiser.

Enfin, la quatrième demande concerne la révision du rapport, dans dix ans, qui devra intégrer une présentation des actions et dispositions de gestion accidentelle et post-accidentelle en cas de situations conduisant à une contamination notable des installations souterraines. Dans sa démonstration de sûreté, l'Andra envisage différents scénarios et explique comment elle les traiterait, mais ne prend pas en compte ce cas de figure.

Mme Stéphanie Guénot-Bresson. – Lorsqu'un exploitant ne prend pas d'engagement, c'est généralement parce que la méthodologie de réponse à nos demandes fait encore l'objet de discussions. Cela ne signifie pas qu'il ne le fera pas dans quelques mois ou quelques années et, comme l'a rappelé Pierre Bois, nous avons de toute façon les moyens de l'y contraindre.

Mme Dominique Voynet, députée. – L'expertise a été menée de manière sérieuse. Néanmoins, est-il pertinent de lancer l'enquête publique avant que des réponses à certaines des questions que vous soulevez vous-mêmes soient apportées ?

Vous utilisez des termes qui ont été choisis par le législateur et largement débattus, mais dont la robustesse est assez légère, comme la « maturité suffisante du dossier » ou la « raisonnable assurance » que la démonstration de sûreté sera apportée lors de la mise en service. Tout cela n'est pas extrêmement rassurant.

Comme nous l'avons observé dans bien des dossiers, on avance, on avance et, à un moment, on nous dira que nous avons trop avancé pour pouvoir reculer, notamment parce que les coûts déjà engagés sont trop importants.

Je conviens que certaines réponses ne pourront être apportées qu'une fois la phase industrielle pilote engagée. Toutefois, en ce qui concerne la géologie, la descenderie, l'eau ou le bouleversement climatique, j'aurais aimé avoir des réponses, ou au moins des éléments de réponse, avant le lancement de l'enquête publique.

S'agissant de la descenderie, peu de réponses ont été apportées aux interrogations soulevées par les parties prenantes. Contrairement à des puits verticaux, plus couramment utilisés dans des projets similaires, la galerie inclinée de plus de quatre kilomètres traverse plusieurs couches géologiques sensibles, dont des aquifères, sans que l'ensemble des impacts soient bien caractérisés. Or elle sera réalisée dans les premières phases du projet.

Cette configuration résulte d'un choix politique, qui vise à garantir des retombées économiques aux deux départements concernés, mais la justification technique, le surcoût, les risques pour les milieux souterrains et en matière de sûreté ne sont pas détaillés. La liaison intersites, qui recouvre partiellement cette descenderie, n'est pas vraiment étudiée, alors qu'elle affecte des zones agricoles et forestières. Dans son rapport d'avril 2024, l'IRSN alertait sur la nécessité d'investigations géotechniques complémentaires en raison de la présence de cavités karstiques susceptibles de compromettre la stabilité des ouvrages. Pourtant, les forages indispensables à cette évaluation, qui conditionnent la faisabilité du projet, ne sont toujours pas prévus. Je regrette que ce sujet, qui ne me semble pas être le plus complexe, n'ait pas avancé.

J'évoquerai par ailleurs les risques qui pèsent sur la ressource en eau. Le délai d'instruction de la demande d'autorisation de création devait être de cinq ans. Je ne comprends pas qu'il puisse être raccourci, alors que l'étude hydrogéologique n'est pas terminée. Je crois également savoir qu'une concertation préalable sur la réorganisation du réseau d'eau potable, qui porte sur une zone immense, a été demandée par l'ARS (agence régionale de santé). Or les acteurs locaux, dont les maires, soulignent que le dossier est pratiquement vide et que l'objectif à moyen terme n'a pas été clarifié. S'agit-il de séparer les réseaux de Cigéo et des collectivités locales ou, au contraire, de les interconnecter pour mutualiser la ressource ?

La question de l'eau potable est particulièrement importante, car elle est plus concrète pour la population que la radioactivité, qui ne se voit pas ; elle pourrait devenir l'un des enjeux de la campagne pour les élections municipales. Un travail est-il mené en commun avec l'ARS dans ce domaine ?

Concernant les engagements de l'Andra, nous avons besoin de clarifier la méthode. Vous nous dites que soixante-sept engagements ont déjà été pris – ce qui est considérable –, que des réponses complémentaires interviendront au fil du temps et que des prescriptions pourront être édictées. Si nous voulons effectuer un suivi et garantir la transparence, nous devons toutefois disposer d'un tableau récapitulatif – comme celui établi par Global Chance –, précisant notamment l'échéance à laquelle les différents éléments sont attendus.

Nous souhaitons en outre accéder aux documents sources sur lesquels vous vous fondez pour produire vos avis. Nous ne sommes pas des experts du sujet et nous avons besoin de comprendre ce qui vous semble important et ce qui peut l'être moins.

Enfin, des interrogations demeurent sur le coût du projet. Au fil des réunions, avec vous ou lors de l'examen du rapport de la CNE2 l'année dernière, on tend à considérer que l'intendance suivra quoi qu'il arrive. Pourtant, l'impact financier n'est pas une question secondaire. En 2023, il était question de 11 milliards d'euros. À fin 2025, certains évoquent plutôt 20 milliards. Je ne sais pas ce qu'il en est et des précisions sont nécessaires à ce sujet.

M. Olivier Dubois. – Tous les rapports d’expertise, les avis d’expertise et les avis du groupe permanent sont disponibles sur notre site. Quant à la liste des engagements, elle figure en annexe des avis. Nous pouvons évidemment compiler tous ces éléments pour les présenter sous forme de tableau.

Le projet Cigéo est un projet de longue haleine. Vous avez souligné qu’il était difficile de savoir ce que recouvraient certaines notions, comme avoir la « raisonnable assurance » que la démonstration de sûreté serait apportée au moment de la mise en service. Pour nous, cela signifie qu’il n’existe pas de points rédhibitoires qui compromettraient la poursuite du projet. Des inconnues subsistent dans certains domaines, mais il ne faut pas brûler les étapes. Des évolutions restent possibles, y compris dans la conception des dispositifs de stockage des déchets ou des dispositifs de scellement par exemple. En outre, dans une installation unique de ce type, il peut être nécessaire d’engager la phase industrielle pilote pour réaliser les essais *in situ*, conforter des connaissances et finaliser certains éléments importants.

Mme Stéphanie Guénot-Bresson. – Nous procédons de la même manière pour tous les projets sur lesquels nous rendons un avis. L’exploitant nous propose une solution et nous étudions si elle permet de satisfaire la démonstration de sûreté.

Certaines parties prenantes s’interrogent sur le choix qui a été fait en matière de descenderie. Cette dernière ne sera pas verticale, comme en Finlande, mais il ne s’agit pas d’une exception dans le monde. La Chine a elle aussi opté pour un plan incliné sur une très longue distance. Le dispositif prend la forme d’une spirale, car la couche géologique compatible avec le stockage des déchets y est beaucoup plus épaisse qu’à Bure.

La configuration est choisie par l’exploitant et, à ce stade, nous avons la raisonnable assurance que le plan incliné de la descenderie répond aux objectifs de sûreté. Des solutions différentes peuvent être retenues, comme en Finlande, mais elles dépendent notamment des couches géologiques. Seuls les experts de l’Andra pourraient vous fournir des détails à ce sujet. Néanmoins, nous avons considéré que la descenderie en plan incliné, sur la base de laquelle nous avons rendu notre avis, ne présentait pas de caractéristiques rédhibitoires.

S’agissant du suivi des engagements de l’Andra, nous n’avons pas attendu Global Chance pour élaborer un tableau. Tous les engagements et, au-delà des engagements, tous les points qui nous préoccupent, figurent systématiquement dans nos avis. Nous nous sommes engagés vis-à-vis des parties prenantes à créer un outil qui permette d’effectuer un suivi transparent, tout en étant moins technique que celui que nous utilisons en interne. Il est en cours de finalisation. Nous avons également prévu de présenter des points d’étape à chacun des jalons que nous avons évoqués.

Les documents sources qui ont permis la production de nos avis sont tous en ligne. Ils représentent un nombre de pages assez colossal – raison pour laquelle beaucoup de synthèses sont également disponibles sur notre site –, mais un lecteur courageux peut s’atteler à en prendre connaissance. Au-delà de notre obligation légale de transparence, nous nous sentons redevables vis-à-vis de nos concitoyens, car nous considérons qu’il s’agit d’un projet de société. Comme certaines informations nécessitent des explications, nous nous sommes beaucoup impliqués dans les dialogues techniques avec les parties prenantes.

M. Pierre Bois. – Dans le domaine de l’eau, il faut distinguer trois grands sujets.

Le premier concerne la maîtrise des impacts à long terme sur la ressource en eau de la région. Les modélisations qui figurent dans le dossier de demande d’autorisation montrent qu’ils sont limités, à la fois pour les scénarios d’évolution normale du projet et pour différents scénarios dégradés dans lesquels les conséquences sanitaires ou radiologiques ne varieraient pas substantiellement. La démonstration de sûreté est donc jugée satisfaisante.

Le deuxième recouvre diverses questions liées à l’hydrogéologie durant la période d’exploitation. Elles doivent être prises en compte dans le choix du positionnement des bâtiments nucléaires de surface, dont elles pourraient par exemple affecter la stabilité. L’Andra a réalisé un important travail de caractérisation et de modélisation entre l’élaboration du dossier d’options de sûreté, à partir de mi-2010, et le dépôt de la demande d’autorisation de création. Nos équipes d’expertise ont analysé ces éléments et ont considéré qu’il était nécessaire de poursuivre les études. Toutefois, si des compléments sont attendus, le travail qui a été mené par l’Andra répond déjà en grande partie aux questions qui étaient posées.

Enfin, le troisième point que vous avez évoqué porte sur l’éventualité d’une concurrence dans les usages de l’eau durant la vie du projet. Comme ce dernier s’étalera sur le très long terme, nous avons encore peu de données. Un stockage géologique de déchets n’a pas les mêmes besoins en eau que d’autres types d’installations, par exemple les réacteurs nucléaires. Toutefois, bien que les ordres de grandeur ne soient pas du tout comparables, nous devons nous préoccuper de cette question. Outre l’ASNR, d’autres acteurs compétents seront appelés à se prononcer. Différentes consultations sont prévues, impliquant notamment le comité local de l’eau et – comme vous l’avez appelé de vos vœux – l’ARS, mais elles n’entrent pas dans le périmètre de l’examen technique de la demande d’autorisation de création. Il s’agit de procédures connexes.

M. Gérard Leseul, député, vice-président de l’Office. – L’absence d’engagements de l’Andra sur différents sujets nous laisse un peu dubitatifs. Vous avez évoqué les quatre points qui restent à traiter et vous nous avez apporté des explications, mais que se passerait-il si les éléments que vous pourriez obtenir n’étaient pas satisfaisants ? Que pourriez-vous faire concrètement ?

Vous présentez un chiffrage global du coût des travaux. Pourrait-il varier en fonction des réponses apportées et des scénarios finalement retenus ? Des glissements budgétaires sont-ils possibles ?

M. Olivier Dubois. – S’agissant du coût du projet, les questions doivent être posées à l’Andra. Les aspects financiers ne relèvent pas de notre expertise technique. L’analyse a uniquement porté sur la sûreté et la radioprotection de l’installation.

M. Pierre Bois. – Parallèlement à l’examen de la demande d’autorisation de création, un travail de mise à jour de l’arrêté relatif au coût du projet Cigéo a été engagé. Les deux sujets sont indépendants, mais l’ASNR a été saisie pour vérifier que les données d’entrée du chiffrage réalisé par l’Andra étaient cohérentes avec les éléments techniques qui figurent dans le dossier. Le contrôle du calcul qui en résulte est effectué par la direction générale de l’énergie et du climat.

Mme Stéphanie Guénot-Bresson. – Dans l’hypothèse où nous ne serions pas satisfaits des réponses apportées, l’Andra n’aurait tout simplement pas le droit de continuer les travaux ou de mettre en service l’installation. L’ASNR est une autorité administrative indépendante qui a beaucoup de pouvoir, dont celui d’empêcher la poursuite d’un projet.

M. Olivier Dubois. – Par rapport aux demandes formulées dans le cadre de l’expertise, l’Andra a pris soixante-sept engagements. Il reste quatre sujets à traiter, qui ont été détaillés par Delphine Pellegrini. S’ils ne font pas l’objet d’engagements à l’heure actuelle, le dialogue technique se poursuit. Nous espérons qu’il débouchera sur des solutions satisfaisantes, qui répondent à nos demandes. La convergence entre nos experts et ceux de l’exploitant est le meilleur moyen que les engagements soient tenus, car elle signifie que tout le monde a la même compréhension du sujet. Lorsque ce n’est pas le cas, nous conservons la possibilité d’édicter des prescriptions.

M. Pierre Bois. – Certains engagements n’ont pas encore été pris, parce que leur nature et leur périmètre doivent être plus précisément définis. Ce n’est pas parce que l’Andra ne veut pas s’engager. Jusqu’à présent, elle s’est montrée extrêmement réactive vis-à-vis de nos demandes, ce qui nous a d’ailleurs permis de respecter le calendrier prévu pour l’instruction et l’expertise.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l’Office. – Comme l’a indiqué M. Bois, l’opportunité du projet a été validée politiquement et, il me semble, démocratiquement. Aujourd’hui, le débat porte sur les aspects scientifiques.

À ce jour, l’Andra a pris soixante-sept engagements sur soixante-et-onze, soit à peu près 95 %. Pour les quatre derniers sujets à traiter, j’ai compris que des travaux complémentaires restaient nécessaires et qu’il ne s’agissait pas d’un refus. Si nous voulons que le décret en Conseil d’État puisse intervenir dans le calendrier prévu et que le projet ne prenne pas de retard – ce qui se traduit généralement par des surcoûts –, à quelle échéance ces réponses devraient-elles être fournies ?

Vous avez indiqué que la phase industrielle pilote devra permettre de s’assurer définitivement de la réversibilité du projet. Pouvez-vous être plus précis à ce sujet ?

Vous avez également fait référence aux enjeux liés à l’inventaire. Ce sujet revient régulièrement dans les débats de l’Office. *A priori*, le projet n’a pas vocation à accueillir de nouveaux déchets. Pouvez-vous nous confirmer que son périmètre reste celui de l’inventaire actuel des déchets radioactifs à vie longue ?

Enfin, certains engagements de l’Andra pourraient apparemment n’intervenir que dix ans après la publication du décret, c’est-à-dire en 2038. Serait-il envisageable de réduire ce délai, car la première phase de creusement est prévue en 2035 ? Il serait préférable de disposer de toutes les garanties dès le début des travaux.

Mme Stéphanie Guénot-Bresson. – Dans l’hypothèse d’une autorisation de Cigeo, l’inventaire qui sera autorisé par le décret en Conseil d’État sera fondé sur l’inventaire de référence.

L’ASNR considère que l’inventaire de référence actuel est robuste. La troisième programmation pluriannuelle de l’énergie (PPE 3) n’a pas été votée, mais l’inventaire de référence intègre déjà la poursuite du fonctionnement des réacteurs actuels sur une durée dont

nous discutons avec EDF. Toutefois, une éventuelle modification de l'inventaire autorisé nécessitera de modifier le décret et donc de refaire toute la procédure relative à un décret en Conseil d'État.

À côté de l'inventaire de référence, des études ont été menées sur un inventaire de réserve, qui nous renseigne sur les marges de manœuvre qui existeraient dans l'installation, notamment pour l'intégration des déchets résultant de l'exploitation des six EPR 2 annoncés.

Les enjeux soulevés par l'inventaire renvoient surtout à la nécessité de s'assurer, au moment où le décret en Conseil d'État sera pris, qu'il est cohérent avec la politique choisie par la France en matière de nucléaire.

M. Pierre Bois. – Parmi les quatre sujets qui font l'objet de demandes complémentaires, celui relatif aux rejets chimiques devrait être traité dans le dossier mis à jour en vue de l'enquête publique. En effet, il s'agit principalement d'une question de présentation.

Les trois autres sujets sont attachés à des échéances ultérieures de la vie du projet et au franchissement de jalons techniques. Nous considérons qu'ils ne sont pas bloquants pour la poursuite du déroulement de la procédure d'autorisation.

Les jalons techniques correspondent aux étapes-clés que seront le début des terrassements, le début du creusement des liaisons entre le sol et le fond, le début des travaux de construction des bâtiments nucléaires et le début du creusement des alvéoles.

Avant l'engagement des travaux de terrassement, nous exigerons par exemple que les investigations géotechniques de la zone des puits soient terminées et que les résultats soient disponibles.

Un jalon qui est plus de nature administrative interviendra par ailleurs dix ans après le décret, à l'occasion de la mise à jour de la version préliminaire du rapport de sûreté. Nous profiterons de ce rendez-vous pour traiter différents sujets, comme la justification de l'exclusion de certains scénarios qui n'ont pas été étudiés dans le dossier, la stratégie de qualification des équipements qui ne seraient pas accessibles dans l'installation compte tenu de sa configuration ou la consolidation des scénarios d'emballement pour les colis bitumés. Nous demanderons également des compléments sur les analyses de sûreté et le risque de criticité. Ce sont des questions générales qui ne sont pas spécifiquement liées à un jalon technique.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Nous avons tendance à nous focaliser sur les irritants, ce qui est normal. En tout cas, nous préférons un avis qui formule des demandes supplémentaires, plutôt qu'un avis qui ne s'accompagne d'aucune exigence particulière. Il montre que nous avons une autorité de sûreté qui fait son travail de manière transparente, en pointant les sujets qui restent à traiter. À ce stade, il ne s'agit de toute façon que de lancer l'enquête publique, qui pourra révéler d'autres problèmes à prendre en compte, même si je pense que l'ASNR a déjà une vision globale de la situation.

*
* *

Audition de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2) sur son rapport relatif au dossier de demande d'autorisation de création du centre Cigéo

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Nous poursuivons cette matinée avec l'audition de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2). La loi a en effet prévu que cette commission remette un rapport sur la demande d'autorisation de création de Cigéo.

Le document qui va nous être présenté est très précis et détaillé. Il est une source d'information très précieuse pour l'Office.

Tous les membres de la CNE2 exercent leurs fonctions à titre bénévole, en plus des responsabilités qu'ils ont chacun par ailleurs. Nos prédécesseurs ont souhaité la création de cette commission dans le cadre de la loi Bataille de 1991. Ils ont été bien inspirés, car le sujet des déchets radioactifs, qui fait partie de la politique publique en matière de nucléaire civil, est très technique. L'Office a besoin de s'appuyer sur une expertise indépendante de très haut niveau pour réaliser son travail d'évaluation.

Mme Saïda Laârouchi-Engström, présidente de la CNE2. – Comme vous l'avez rappelé, le code de l'environnement prévoit que l'instruction de la demande d'autorisation de création intègre un avis de l'ASNR et un rapport de notre commission.

Notre rapport précise le périmètre de l'évaluation de la CNE2, puis détaille les éléments de méthodologie et les piliers scientifiques du dossier, enfin les composants de l'installation de stockage. Il aborde également des questions transverses, qui n'ont pas un caractère purement scientifique. Il présente enfin l'avis général de la Commission et évoque la suite de la procédure.

L'évaluation de la sûreté de l'installation Cigéo n'est pas du ressort de la Commission mais de l'ASNR, à laquelle la CNE2 ne saurait se substituer.

Le rôle de la Commission est d'évaluer les bases scientifiques et la robustesse de la démarche scientifique suivie par l'Andra. Elle n'a pas abordé la question du calcul de la dose à l'individu critique.

L'Andra est responsable de la conception de son ouvrage. Il n'appartient pas à la Commission de remettre en cause ses choix dans ce domaine. Elle a uniquement pour mission d'évaluer les connaissances sur lesquelles s'appuie l'Andra pour ses calculs de performance du système de stockage.

Ce rappel du périmètre d'évaluation est important pour comprendre l'articulation entre le rapport de la CNE2 et l'avis de l'ASNR.

M. Jean-Paul Minon, membre de la CNE2. – Le dossier de demande d'autorisation de création s'appuie sur l'état actuel des connaissances scientifiques. Ces connaissances ne peuvent pas être exhaustives et celles qui sont bien connues le sont avec un certain degré d'incertitude, d'autant plus que les phénomènes étudiés se déroulent sur de longues, voire très longues périodes. Toutefois, cette situation ne s'oppose pas à ce que des décisions soient prises au regard des connaissances disponibles.

Les incertitudes se répartissent en deux grandes catégories : les incertitudes liées à l'imperfection des connaissances d'une part et les incertitudes liées au caractère aléatoire des phénomènes ou événements, comme les séismes ou autres cataclysmes naturels, d'autre part.

Dans son analyse, l'Andra identifie différents types d'incertitudes. Il s'agit tout d'abord des incertitudes liées à la conception, comme les paramètres de calcul, les caractéristiques des composants, la variabilité de leur mise en œuvre, *etc.* Des incertitudes sont également liées aux événements d'origine naturelle, par exemple le climat, ou aux activités humaines, par exemple l'intrusion involontaire ou les effets anthropiques. Il s'y ajoute enfin, des incertitudes de modélisation liées aux données d'entrée des modèles et aux représentations des phénomènes étudiés.

La prise en compte de ces incertitudes repose sur la notion de conservatisme. Pour tout élément de l'évaluation affecté par une incertitude, une hypothèse pénalisante est retenue, afin que le résultat soit majorant. Cependant, des incertitudes résiduelles subsistent et des incertitudes peuvent ne pas avoir été identifiées.

Pour vérifier la résilience du stockage, il est soumis à des sollicitations multiples dans des scénarios hypothétiques pénalisants, voire très pénalisants. La Commission estime que la méthodologie suivie permet de couvrir les incertitudes et d'obtenir une représentation majorante, enveloppe du fonctionnement réel du stockage.

Mme Catherine Noiriél, membre de la CNE2. – L'évaluation de la sûreté n'est pas du ressort de la Commission, mais cette dernière s'est attachée à évaluer le corpus scientifique nécessaire à l'évaluation des performances de Cigéo. Elle a pris en compte la connaissance du site, des matériaux, de l'environnement de stockage et des processus thermiques, hydrauliques, mécaniques et chimiques attendus dans le stockage en période d'exploitation et après la fermeture.

En ce qui concerne la géologie, de très nombreuses études ont été réalisées, dont des forages et des investigations géophysiques sur la zone de transposition (ZT) et la zone d'intérêt pour les recherches approfondies (Zira). Le site est correctement caractérisé sur le plan géologique, tant sédimentaire que structural.

La formation hôte est la couche d'argilites du Callovo-Oxfordien (COx). Cette formation sédimentaire est âgée d'environ 160 millions d'années et présente une épaisseur comprise entre 140 et 160 mètres. Les incertitudes sur les positions du toit, qui est la partie supérieure de la couche, et du mur, qui en est la partie inférieure, sont respectivement de 19 et 14 mètres avec un intervalle de confiance de 90 %. L'incertitude sur l'épaisseur du COx est, quant à elle, de 13 mètres. Ces incertitudes sur la géométrie permettent de garantir la présence d'une garde argileuse saine d'au moins 50 mètres d'épaisseur de part et d'autre du stockage.

Il ressort de l'ensemble des études effectuées par l'Andra que la caractérisation du site est complète et que le COx assure l'ultime barrière de confinement de la radioactivité.

Les propriétés du COx ont été caractérisées sur la base de prélèvements, d'expérimentations en laboratoire, d'expérimentations *in situ* dans le laboratoire souterrain de Meuse Haute-Marne et de modélisations. Ses caractéristiques essentielles sont notamment une faible perméabilité, également appelée conductivité hydraulique. Elle est comprise entre 10^{-14} et $6 \cdot 10^{-12}$ mètres par seconde, avec une moyenne pour la formation de $3 \cdot 10^{-13}$ mètres par seconde. Les écoulements étant très lents, le transfert des espèces chimiques en solution,

c'est-à-dire leur dissolution dans l'eau, se fera essentiellement par diffusion, par opposition à un transfert par convection qui, lui, est lié à la vitesse d'écoulement, également appelée vitesse de Darcy.

De plus, en raison des interactions avec la matrice argileuse, le transfert de la majorité des espèces porteuses de la radioactivité sera ralenti, voire arrêté dans le COx. Les anions seront ralentis par le phénomène d'exclusion anionique. La surface des minéraux argileux est chargée négativement, tout comme les anions, ce qui crée des forces de répulsion. Les cations peuvent, quant à eux, être arrêtés à la surface des argiles, car celles-ci présentent une importante capacité de sorption des espèces chimiques. Seuls quelques radionucléides tels que l'iode 129, le sélénium 79 ou le chlore 36, qui seront sous la forme anionique, atteindront les limites du COx dans environ 400 000 ans.

Cet horizon de 400 000 ans correspond, selon les modélisations, à la date de mise à l'affleurement de l'Oxfordien calcaire dans la vallée de l'Ornain, qui constitue un exutoire. Il a été tenu compte des projections d'évolution géomorphologique et hydrogéologique, c'est-à-dire des vitesses d'érosion des plateaux et des vallées du secteur.

Au niveau hydrogéologique, la formation du COx est dite semi-perméable, c'est-à-dire très peu perméable. Elle est encadrée par deux formations aquifères, l'aquifère calcaire du Dogger au-dessous et l'aquifère calcaire de l'Oxfordien au-dessus. Une autre formation aquifère se trouve plus proche de la surface, l'aquifère superficiel des calcaires du Barrois.

Le modèle d'écoulement a pris en compte les niveaux piézométriques, c'est-à-dire les niveaux d'eau mesurés grâce à des forages dans ces formations aquifères. Il restitue bien les grandes lignes d'écoulement des eaux souterraines, qui sont globalement orientées vers l'ouest et le nord-ouest.

Les aquifères ne font pas partie des composantes du stockage et ne remplissent pas de fonctions de sûreté, mais les projections de leur fonctionnement futur ont été utilisées pour le calcul du transfert des radionucléides depuis les limites du Callovo-Oxfordien jusqu'aux exutoires et pour le calcul de la dose, suivant différents scénarios prescrits par la réglementation sur les évaluations de sûreté. Pour rappel, le calcul du transfert détermine un flux exprimé en becquerel, qui est ensuite converti en dose exprimée en microsievert ou en millisievert.

Pour ce qui est de la chimie, la Commission a porté une attention particulière au rôle et aux performances des différentes barrières de confinement s'opposant à la migration des radionucléides, c'est-à-dire la matrice de verre, les conteneurs et le COx, en particulier à ce qui se passe à leurs interfaces, où des fluides présentant des propriétés chimiques différentes vont se trouver en contact.

L'un des points importants est le calcul des termes sources des quartiers HA (haute activité) et MAVL (moyenne activité à vie longue), c'est-à-dire le flux de radionucléides qui sera relâché au niveau des colis et pourra migrer vers le COx. Il conduit à des valeurs dites conservatives, c'est-à-dire majorantes par rapport à la réalité.

Des matériaux divers et en quantité importante seront utilisés dans l'installation Cigéo, en particulier des aciers pour les conteneurs et les chemises HA, des matériaux cimentaires et des bétons pour le génie civil, les conteneurs et les alvéoles MAVL et le

remplissage de l'espace annulaire en extradors du chemisage, ainsi que des matériaux de remplissage et de remblaiement de type argileux comme des bentonites.

Les études réalisées par l'Andra pour sélectionner, formuler les matériaux et caractériser leurs comportements lui ont permis d'acquérir des données suffisantes pour la modélisation à long terme de l'évolution du système de stockage.

Les matériaux choisis sont courants. Toutefois, la temporalité étant d'ordre séculaire, leur disponibilité pourrait évoluer au cours de la période d'exploitation. L'Andra prévoit donc de poursuivre des travaux scientifiques pour disposer d'une certaine flexibilité dans les matériaux utilisés.

Du point de vue de l'environnement, l'étude d'impact présentée par l'Andra est complète et convaincante. La démarche suivie pour simuler et prendre en compte les effets des variations climatiques à court terme et à long terme est pertinente. Elle s'appuie sur les résultats des travaux menés par la communauté scientifique, en particulier le projet européen Bioclim.

S'agissant de la modélisation des phénomènes thermiques, hydrologiques, mécaniques et chimiques qui se produiront dans le stockage, la méthodologie et les outils de calcul utilisés par l'Andra pour en décrire le fonctionnement et quantifier le transfert des radionucléides aux exutoires sont qualifiés et correctement utilisés. Les résultats présentés à l'appui de son évaluation de sûreté à long terme sont robustes et scientifiquement fondés. Il convient de préciser qu'ils visent à présenter une valeur majorée des impacts sur l'homme et l'environnement. En d'autres termes, les effets ont été surévalués et seront bien moindres dans la réalité.

L'Andra assigne deux fonctions de sûreté fondamentales au système de stockage, à savoir isoler les déchets des phénomènes de surface et des actions humaines banales et limiter le transfert des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenues dans les déchets jusqu'à la biosphère.

La seconde fonction de sûreté intègre trois sous-fonctions, qui consistent à s'opposer à la circulation de l'eau, limiter le relâchement des radionucléides et des substances toxiques chimiques et les immobiliser dans les alvéoles de stockage, enfin retarder et atténuer la migration des radionucléides et des substances toxiques chimiques qui auraient été relâchés hors des colis puis des alvéoles de stockage. À ces sous-fonctions s'ajoute la préservation des caractéristiques favorables des argilites de la couche du Callovo-Oxfordien et des composants ouvragés contribuant à la sûreté après fermeture.

La Commission a choisi d'analyser comment l'Andra s'était emparée des structures, systèmes et composants, en particulier les composants du stockage, pour répondre aux exigences de sûreté et à l'exigence de récupérabilité.

En ce qui concerne la conception des alvéoles HA, la Commission estime que les choix de géométrie – les alvéoles ont été orientées selon la direction de la contrainte tectonique majeure, située à environ à 155°N – sont de nature à réduire l'endommagement et à préserver les propriétés du COx.

Pour le dimensionnement des quartiers HA, qui doit tenir compte du dégagement de chaleur des colis exothermiques et de l'endommagement possible de la roche, l'Andra a utilisé une approche simplifiée reposant sur un modèle mécanique thermo-poro-élastique. Ce dernier est plus simple que le modèle mécanique thermo-poro-viscoplastique, mais il est valide dès lors qu'on s'éloigne de quelques mètres du corps chauffant. Le dimensionnement a donc été qualifié.

Concernant le remplissage en extradados du chemisage HA avec un coulis cimentaire destiné à réduire les vides résiduels dans les alvéoles et à préserver les conteneurs des effets de corrosion, la Commission considère que l'Andra a démontré qu'il existait des matériaux qui permettaient de répondre aux besoins.

La conception des alvéoles MAVL s'appuie sur la connaissance fine du comportement mécanique de la roche hôte du COx, associée aux retours d'expérience acquis dans le laboratoire souterrain de Meuse Haute-Marne. La Commission estime que les dispositions constructives retenues par l'Andra sont de nature à maintenir l'intégrité des alvéoles, c'est-à-dire à éviter leur ruine bien au-delà de la date de fermeture du stockage.

En ce qui concerne les déchets bitumés, deux options de stockage sont à l'étude, soit un stockage en l'état dans des alvéoles MAVL renforcées vis-à-vis du risque d'incendie, soit un stockage des déchets issus de la reprise et de la neutralisation des bitumes dans des alvéoles MAVL classiques. Cette approche permet de disposer d'un exutoire pour ces déchets bitumés quels que soient les résultats du programme de recherche nommé Babylone.

Pour ce qui est des ouvrages de scellement des alvéoles et des liaisons entre la surface et le fond, la Commission estime que l'Andra a fait la démonstration de sa capacité à disposer d'un matériau argileux présentant les propriétés hydromécaniques désirées, en l'occurrence être perméable aux gaz et, comme la couche du Callovo-Oxfordien, imperméable à l'eau. Au moment du transitoire eau-gaz, la pression de gaz devra en effet rester suffisamment faible au sein du stockage pour ne pas conduire à une fracturation et à un endommagement du COx.

Le transitoire eau-gaz est lié à la production d'hydrogène, en réponse à la corrosion anoxique des aciers et à la radiolyse de l'eau et des matières organiques. Cette production d'hydrogène va maintenir le COx désaturé et entraîner une augmentation de la pression, qui devrait atteindre son niveau maximal dans une période comprise entre 10 000 et 100 000 ans.

L'Andra a prévu de poursuivre la mise au point de son concept de scellement, notamment par des démonstrateurs d'ensemble *in situ* pendant la phase industrielle pilote.

Mme Saïda Laârouchi-Engström. – Le sujet est complexe. Vous trouverez beaucoup d'informations complémentaires dans notre rapport.

M. Christophe Fournier, membre de la CNE2. – La phase industrielle pilote durera une trentaine d'années, entre le décret d'autorisation de création, qui pourrait intervenir dès 2027, et le rapport que l'Andra publiera notamment à destination de l'Office, probablement vers la fin des années 2050.

Cette phase industrielle pilote se décomposera en deux étapes.

Au cours de la première, qui s'étendra de la construction du stockage jusqu'aux essais avec des colis inactifs, seront collectés les données et les résultats qui permettront à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection d'autoriser la mise en service de l'installation, qui est envisagée aux alentours de 2050.

La deuxième verra le début de l'exploitation industrielle du site, cette fois avec des colis actifs. Elle permettra d'évaluer les performances de l'installation et de s'assurer qu'elle répond aux objectifs qui lui ont été fixés. Elle s'achèvera par l'élaboration d'un rapport qui devra démontrer le succès de la phase industrielle pilote au vu d'un certain nombre de critères.

Pour que les règles soient claires, la Commission recommande que la procédure de fin de phase industrielle pilote incluant les critères de succès soit fixée, au moins dans ses grandes lignes, dès le décret d'autorisation de création.

L'Andra a proposé des critères de succès dans le cadre du PNGMDR (plan national de gestion des matières et déchets radioactifs) et la Commission estime qu'ils sont pertinents. Toutefois, elle recommande d'y ajouter de manière plus explicite la validation de la cadence atteignable par l'installation. En effet, cette cadence conditionne la capacité de Cigéo à stocker l'ensemble des déchets prévus à l'inventaire dans une durée compatible avec sa durée de vie.

Lorsque l'Andra aura remis son rapport de fin de phase industrielle pilote, celui-ci donnera lieu à une instruction par différentes instances, dont l'ASNR et la CNE2, et à un examen par l'Office, avant qu'un projet de loi sur la mise en œuvre de la réversibilité soit présenté.

Comme l'instruction durera un certain temps, l'Andra a proposé de poursuivre, pendant cette période, l'exploitation nominale du stockage dans les conditions prévues par la première autorisation de mise en service, celle de la phase industrielle pilote. La Commission y est favorable, car la mise en sommeil prolongée d'une installation industrielle est toujours néfaste au maintien de sa capacité opérationnelle et elle s'avère toujours très coûteuse.

La réversibilité recouvre quatre dimensions, qui sont relatives à la progressivité de la construction, à l'adaptabilité de la conception, à la flexibilité de l'exploitation et à la récupérabilité des colis déjà stockés pendant une durée cohérente avec la stratégie d'exploitation et de fermeture du site. L'Andra les a toutes prises en compte de manière détaillée dans son dossier de demande d'autorisation de création.

La Commission s'est particulièrement intéressée à la récupérabilité des colis, parce que cette composante est la seule à avoir des implications scientifiques et techniques importantes, notamment sur la conception des alvéoles HA. Ces dernières doivent en effet garder leur géométrie inchangée dans le temps pour que les colis qui y auront été insérés puissent en être retirés.

Le dossier montre que ce sujet est traité de manière rigoureuse par l'Andra. Cependant, la Commission estime nécessaire de valider la possibilité de récupérer un colis de haute activité par un essai dans une alvéole de longueur égale à celle qui sera retenue pour le quartier HA. Un tel essai n'a pas encore eu lieu, puisque cette longueur n'est pas encore déterminée et qu'aucune alvéole correspondante n'a donc été construite.

La stratégie de fermeture de l'installation résulte d'un compromis entre l'atteinte rapide d'un état de sûreté passive, qui pousserait à fermer les alvéoles après leur remplissage, et le maintien de la capacité à récupérer les colis le plus longtemps possible, qui inciterait à différer cette fermeture. Du point de vue technique, la coexistence entre des opérations industrielles de nature très différentes – fermeture d'alvéoles d'un côté, poursuite de la mise en stockage de l'autre – est toujours un point délicat. Néanmoins, il serait intéressant d'acquérir un premier retour d'expérience sur une fermeture partielle avant d'engager les études de fermeture totale du stockage.

Dans le dossier, l'Andra a proposé de fermer le stockage par quartier (quartier HA pilote, puis quartier MAVL et enfin quartier HA). La Commission considère qu'à ce stade, il s'agit d'un compromis raisonnable. Statuer sur le détail de cette stratégie n'est toutefois pas urgent, puisqu'elle sera mise en œuvre dans à peu près un siècle.

Pour ce qui est du monitoring, c'est-à-dire de la surveillance du comportement de l'installation et de son fonctionnement à l'aide de la mesure automatique d'un grand nombre de paramètres, la Commission juge pertinente la démarche prévue par l'Andra pendant la phase d'exploitation, même si la stratégie pourra être précisée avant la mise en service. Les informations obtenues seront utiles pour vérifier que l'évolution des composants ouvrages est conforme aux prévisions, en particulier les alvéoles HA, dont la rectitude devra être suivie attentivement.

Enfin, le guide de sûreté de l'ASNR fixe à 500 ans la durée pendant laquelle la mémoire du stockage devra être conservée. Cette durée soulève des questions importantes, par exemple sur les supports qui permettront de stocker les informations. L'Andra conduit des recherches dans des directions variées. Elle est également active dans les groupes de réflexion internationaux sur le sujet, notamment à l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique). La Commission ne peut qu'encourager la poursuite de cette démarche, qui n'a de toute façon pas vocation à aboutir à l'échéance de la demande d'autorisation de création.

Mme Saïda Laârouchi-Engström. – Nous en venons à l'avis général de la Commission.

La Commission considère que les recherches conduites par l'Andra, et qui sont exposées dans le dossier de demande d'autorisation de création, ont permis d'élaborer un concept fiable pour un stockage géologique profond de déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue.

Le choix du site et l'ensemble des dispositions constructives sont de nature à isoler les déchets des phénomènes de surface et des actions humaines et à limiter le transfert des radionucléides et des substances toxiques chimiques contenues dans les déchets jusqu'à la biosphère, ce qui correspond aux deux principales fonctions de sûreté assignées à Cigéo.

Pour la période qui suivra l'autorisation de création, l'ensemble des travaux décrits dans le dossier valide scientifiquement la conception de l'installation. La configuration technique du stockage sera néanmoins appelée à évoluer au cours de la durée d'ordre séculaire qui séparera le décret d'autorisation de création de la loi autorisant la fermeture de l'installation. Il est indispensable que toutes les évolutions de l'installation de stockage, qu'elles soient voulues ou subies, soient instruites avec rigueur.

En conséquence, la Commission recommande fortement de maintenir une capacité de R&D de haut niveau à l'Andra sur le stockage géologique profond, incluant des moyens d'expérimentation *in situ*, bien au-delà de la mise en service du stockage et de la phase industrielle pilote.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Je vous remercie pour la présentation des grandes lignes de votre rapport.

Mme Dominique Voynet, députée. – Ce travail, très technique et détaillé, tranche avec celui, plus synthétique, qui avait été fourni les années précédentes. En tant que parlementaires, nous n'avons pas forcément les outils et les connaissances pour l'exploiter efficacement. Néanmoins, je souhaiterais aborder la question de la récupérabilité, car elle me paraît préoccupante.

En matière de récupérabilité, le concept qui prévaut repose sur une forme de compétition entre la décroissance de l'activité radioactive des colis et la vitesse de diffusion de la radioactivité dans les sols et l'eau. Le délai de 100 ans qui a été retenu correspond peut-être à des données techniques, mais plus probablement à des données politiques et à la capacité de l'esprit humain à se projeter. C'est en tout cas ainsi que je le perçois.

Quels enseignements pouvons-nous tirer de l'expérience des pays qui ont fait le choix du stockage profond des déchets radioactifs ou d'autres types de déchets ? Comment gèrent-ils la réversibilité ? Avez-vous mené une analyse à ce sujet ? À l'Assemblée parlementaire franco-allemande, nous avons récemment examiné le dossier de StocaMine, où, il y a une trentaine d'années, et pendant à peine trois ans, ont été stockés des déchets chimiques à une profondeur équivalente à celle de Cigéo. Or leur récupération serait tellement complexe qu'il semble préférable de les y laisser.

S'agissant de la mémoire du stockage, vous avez insisté sur les éléments techniques, mais qu'en est-il des aspects sociologiques et anthropologiques ? Ces dimensions sont également fondamentales.

Enfin, ne serait-il pas souhaitable de considérer le bouleversement climatique comme une question en soi ? Il s'agit d'une donnée nouvelle qui modifiera forcément notre regard sur le dossier.

Mme Saïda Laârouchi-Engström. – Dans le monde et plus particulièrement en Europe, le travail sur la réversibilité et la récupérabilité a été engagé à l'initiative de la France. La Suède s'y est ensuite associée en rejoignant un groupe de réflexion dans le cadre de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE.

La Finlande et la Suède ont engagé la construction d'un stockage profond pour le combustible nucléaire usé. Pendant la période d'exploitation, la réversibilité et la récupérabilité correspondent à une nécessité de sûreté. En revanche, après la fermeture, elles ne sont pas prévues dans la loi. C'est le choix qui a été fait dans les deux pays. La récupération des colis est coûteuse et expose le personnel. Par conséquent, elle n'est pas forcément souhaitable.

M. Christophe Fournier. – Nous envisageons la récupérabilité pendant l'exploitation, c'est-à-dire quand les ouvrages seront intègres et les alvéoles ventilées et accessibles. À ce moment-là, il n'y aura pas de migration des radionucléides dans le COx. Celle-ci n'interviendra qu'à beaucoup plus long terme.

Je connais peu le dossier de StocaMine. Néanmoins, ce site n'avait probablement pas été conçu pour permettre la récupérabilité, ce qui constitue une différence fondamentale avec Cigéo. Même s'il faudra démontrer que le dispositif fonctionne, l'Andra prévoit des robots capables d'aller chercher les colis au fond des alvéoles, notamment pour les déchets de haute activité. Il est beaucoup plus facile de mettre en œuvre ce type de solutions quand elles sont prévues dès le départ.

En ce qui concerne la mémoire, les recherches de l'Andra ne se limitent pas aux aspects techniques, comme la durabilité des supports de stockage de l'information. J'ai indiqué qu'elle conduisait des recherches dans des directions variées, ce qui inclut les dimensions sociologiques ou anthropologiques. L'Andra a également essayé de mobiliser d'autres disciplines, y compris le monde artistique. Le spectre est très large et dépasse également les frontières, puisqu'il s'appuie sur des démarches analogues menées à l'étranger et partagées dans le cadre de groupes de l'AIEA.

Mme Saïda Laârouchi-Engström. – Le travail sur la mémoire a également été lancé par la France. Une coopération sur ce sujet a commencé en 2008. Tous les grands pays qui ont un programme de gestion des déchets nucléaires y réfléchissent. Nous mettrons probablement en œuvre des solutions au niveau européen, comme des archives croisées, notamment entre la Suède et la Finlande.

Mme Catherine Noiriél. – S'agissant du climat, il convient de distinguer deux périodes temporelles. Pour ce qui est de l'évolution climatique à court terme, c'est-à-dire pendant la période d'exploitation, les modèles prévoient une augmentation de la fréquence des événements extrêmes et de leur intensité. Les installations de surface pourront donc être soumises à des aléas plus prégnants. L'Andra prend également en compte l'évolution du climat à long terme, par le biais de deux scénarios. Dans le scénario extrême, tout le carbone fossile sera consommé dans les 300 prochaines années, entraînant une hausse des émissions de CO₂ et des conséquences sur la géomorphologie du site, avec une accélération de l'érosion liée notamment aux quantités de précipitations.

M. Maxime Amblard, député. – Quelle est la marge entre la demi-vie des anions restant radioactifs le plus longtemps et le temps le plus court pour atteindre la biosphère par diffusion dans la couche argileuse ?

Mme Catherine Noiriél. – Vous posez la question de la compétition entre diffusion et décroissance. Globalement, tous les anions se déplacent à la même vitesse. Je ne connais pas le détail pour tous les radionucléides, mais dans ses modèles, l'Andra utilise des valeurs majorantes pour le coefficient de diffusion. Comme je l'ai indiqué, ce sont principalement l'iode, le sélénium et le chlore qui sont attendus aux exutoires. Les cations ont, en revanche, de bonnes chances de ne pas arriver à la surface.

M. Maxime Laisney, député. – Votre rapport se concentre sur le stockage géologique profond, mais n'aborde pas les questions liées aux installations de surface et à leur fonctionnement, comme la réception et le reconditionnement des colis. Quand seront-elles traitées, puisqu'elles ne l'étaient pas non plus de manière détaillée dans l'avis de l'ASNR ?

Le travail que vous avez fait est très sérieux et rigoureux, mais il donne le sentiment que le dossier ne pose aucun problème et ne soulève aucune question. Je ressens comme un décalage par rapport à l'avis de l'ASNR qui, bien que donnant un avis favorable pour lancer l'enquête publique et probablement pour l'autorisation de création, formulait de nombreuses demandes de compléments d'information et de nouvelles démonstrations de sûreté.

Vous préconisez par ailleurs, comme l'Andra le demande, que les colis qui seront descendus pendant la phase industrielle pilote restent stockés en attendant l'autorisation de mise en service complète. Vous avancez des arguments de coût et de sécurité. Néanmoins, en procédant ainsi, nous nous retrouvons un peu devant le fait accompli, d'autant plus que certaines réponses complémentaires de l'Andra ne seront fournies que tardivement dans le processus. Nous avons l'impression que ce dernier va suivre son cours quoi qu'il arrive, puisqu'il faut à chaque fois anticiper sur l'étape d'après. Quant à votre réponse sur la récupérabilité qui serait limitée à la phase d'exploitation, elle donne aussi l'impression qu'une fois que tout sera mis sous terre, ce sera fini.

Mme Saïda Laârouchi-Engström. – Nous avons analysé le concept scientifique qui sous-tend le projet Cigéo et nous nous sommes focalisés sur ce qui est nouveau. Ce qui relève des installations de surface ne l'est pas. Avant d'exploiter le site, l'Andra devra fournir un autre rapport à l'ASNR, qui détaillera notamment les procédures de gestion des déchets, mais celles-ci sont déjà appliquées ailleurs en France et à l'international.

M. Jean-Paul Minon. – Dans notre rapport, nous avons fait le choix de ne pas traiter la sûreté en exploitation, car elle est soumise à un certain nombre de règles qui sont bien connues. Qu'il s'agisse d'une centrale nucléaire, du centre de stockage de Soulaïnes ou de la future installation de Cigéo, elles sont globalement comparables. L'exploitation souterraine est certes une spécificité, mais des études et des méthodologies existent. En outre, la Commission n'a pas vocation à se substituer aux autorités compétentes, dans le domaine du nucléaire ou de la sécurité du travail par exemple.

En ce qui concerne la récupérabilité, j'ai été l'un des premiers, alors que j'étais en fonction en Belgique, à m'exprimer à ce sujet devant la CNE. À l'époque, j'avais insisté sur le fait que toute décision de ce type doit être justifiée. Il s'agit de l'un des grands principes de la radioprotection, notamment parce que la manipulation des colis va donner lieu à des expositions radiologiques. Le rôle des techniciens est d'éclairer les décideurs et de les aider à peser le pour et le contre. Or de multiples facteurs, y compris économiques, sociaux ou éthiques, doivent être pris en compte.

L'AEN a établi une échelle de récupérabilité, qui est publiée. Cette récupérabilité est nécessaire pendant la phase d'exploitation, mais à partir du moment où la fermeture est engagée, les déchets deviennent moins accessibles. Lorsque la fermeture est effective, le système est passif et, du point de vue scientifique, il n'est plus nécessaire de s'en occuper. Cependant, je n'ai pas dit qu'il fallait l'oublier et je comprends que d'autres d'arguments puissent être défendus. Dans ce domaine, les sensibilités des populations peuvent d'ailleurs varier au cours du temps, notamment en raison de la survenue de certains événements.

M. Pierre-Henriet, député, vice-président de l'Office. – Vous évoquez deux options de stockage des déchets bitumés dans les alvéoles MAVL, soit en laissant les colis en l'état, soit en neutralisant le bitume. À quelle échéance pensez-vous que cet arbitrage pourra être réalisé ? Quels critères seront pris en compte ?

M. Christophe Fournier. – Les déchets bitumés constituent une part importante des déchets MAVL. À l’époque du dossier d’options de sûreté, ils avaient fait l’objet de réserves de la part de l’ASNR qui estimait souhaitable de neutraliser leur capacité à s’enflammer avant de les stocker. Il fallait donc retirer le bitume, en le brûlant ou en le dissolvant chimiquement, et placer les déchets dans du ciment ou du verre par exemple.

Des études ont été menées en 2018 et 2019. Leurs résultats ont été commentés par la Commission et présentés à l’Office. L’ASNR a conclu de ces travaux que des recherches complémentaires étaient nécessaires pour mieux caractériser le comportement des bitumes, en particulier en cas d’élévation de température liée à un incendie provenant de l’installation. En effet, le bitume ne s’enflamme pas seul.

Un programme quadripartite a donc été lancé. Nous le suivons et le commentons régulièrement dans nos rapports. Il doit préciser le comportement chimique et thermique des bitumes, pour déterminer s’ils peuvent être stockés en l’état. Ces travaux ne sont pas encore achevés. Ils devraient l’être fin 2027. Pour le moment, aucun élément scientifique rédhibitoire empêchant le stockage des déchets bitumés n’a été identifié.

Les déchets bitumés ont volontairement été exclus de la phase industrielle pilote. Ils ne pourront donc être stockés qu’après l’autorisation de mise en service complète du site, c’est-à-dire vers 2060. D’ici là, deux solutions sont possibles : soit l’Andra peut effectuer une démonstration de sûreté convaincante sur la base des résultats du programme Babylone, et les déchets pourront être stockés dans des alvéoles renforcées du point de vue de la détection et de la lutte contre l’incendie, soit ce n’est pas le cas et les bitumes devront au préalable être détruits. Les déchets qui en résulteraient deviendraient des déchets MAVL banals. Néanmoins, il faudrait alors concevoir et construire une installation dédiée pour réaliser cette opération, ce qui posera aussi des problèmes de sécurité et de rejets.

La décision appartiendra à l’ASNR, au vu des dossiers qui lui seront présentés. Toutefois, ce n’est pas parce que le choix aura été fait de ne pas stocker les déchets bitumés en l’état qu’une solution validée sera disponible pour détruire le bitume.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l’Office. – Nous avons compris que certaines décisions se prendront dans de nombreuses années. Par conséquent, nous aurons peut-être l’occasion d’en reparler.

Vous avez évoqué la disponibilité des matériaux et une possible pénurie qui pourrait nécessiter de faire preuve de flexibilité. Nous n’avons pas en tête cette difficulté qui pourrait affecter la construction du site. Pouvez-vous nous apporter quelques précisions ?

Mme Catherine Noiriel. – La durée d’exploitation étant d’ordre séculaire, il est normal que les matériaux évoluent. L’Andra s’y prépare et reste vigilante pour anticiper des changements de réglementation ou des problèmes de disponibilité de certains produits ou sous-produits entrant dans la composition des bétons par exemple.

Mme Céline Perlot-Bascoulès, professeur en génie civil et sciences des matériaux à l’Université de Pau et des Pays de l’Adour, membre de la CNE2. – Nous pouvons être confrontés à des problèmes de disponibilité de matériaux qui permettent d’augmenter la durée de vie des bétons. Des évolutions réglementaires sont par ailleurs prévues pour limiter l’empreinte carbone du ciment. L’Andra les a pris en compte et a élaboré une approche performancielle, qui permet de lister toutes les performances souhaitées des matériaux

(résistance mécanique, durabilité, comptabilité avec le CO₂, *etc.*) et, en maintenant la R&D, de formuler de nouveaux matériaux cimentaires répondant à l'ensemble de ces exigences. En tout cas, les premiers bétons qui seront utilisés ne ressembleront pas à ceux qui le seront à la fin de la construction de l'installation.

M. Gérard Leseul, député, vice-président de l'Office. – S'agissant du monitoring et de la surveillance de Cigéo, vous formulez des recommandations sur la stratégie à adopter avant la mise en service du stockage. D'autres recommandations sont liées à la mémoire, mais qu'envisagez-vous pour faire le lien entre les deux, pour construire une mémoire vivante du stockage ?

M. Christophe Fournier. – La mémoire du stockage est d'abord d'ordre technique. Il s'agit d'enregistrer toutes les actions qui seront effectuées pendant la phase d'exploitation. L'Andra a commencé à structurer des dossiers de mémoire, pour assurer la pérennité de ces informations, qui pourront également être issues du monitoring, c'est-à-dire des données collectées par l'ensemble des capteurs automatiques chargés de surveiller le comportement de l'installation. L'enjeu est de conserver cette mémoire d'une manière aussi sûre que possible, afin qu'elle reste accessible au moins jusqu'à la fermeture du site.

Pour la très longue durée – et faire en sorte que personne n'oublie que des déchets dangereux sont stockés sous terre –, d'autres disciplines anthropologiques, sociologiques ou artistiques devront être mobilisées. C'est un tout autre sujet.

M. Jean-Paul Minon. – Votre question portait-elle sur le souvenir de l'installation, pour éviter le plus longtemps possible l'oubli ?

M. Gérard Leseul, député, vice-président de l'Office. – Il est évidemment essentiel d'entretenir la mémoire, mais ma question portait plutôt sur la remontée d'informations à un horizon de 100 ou 200 ans, grâce aux capteurs que vous avez évoqués. Sera-t-elle possible pendant l'exploitation et, surtout, après l'exploitation ?

M. Jean-Paul Minon. – Je ne peux pas vous répondre affirmativement pour le moment. Au niveau européen, des programmes de recherche étudient la possibilité d'installer des capteurs qui pourraient collecter des données pertinentes et les transmettre, à travers toute l'épaisseur des couches géologiques, à un récepteur capable d'en interpréter le résultat, et ce sur des durées très longues, de l'ordre de 100 ans. Je ne sais pas si ces travaux aboutiront.

M. Gérard Leseul, député, vice-président de l'Office. – Je ne doute pas que ce soit très difficile, et justement je voulais savoir si vous en faisiez la recommandation. Il me semble important, y compris pour des questions anthropologiques, voire éthiques, que nous disposions d'informations sur le long terme.

M. Jean-Paul Minon. – Le programme européen *European joint programme on radioactive waste management* (Eurad) est piloté par l'Andra. Elle en connaît donc parfaitement les progrès et pourra les prendre en compte.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Pour répondre à Maxime Laisney, je rappelle que la responsabilité de la sûreté incombe à l'exploitant. C'est le cas d'EDF pour ses réacteurs, comme ça le sera de l'Andra pour Cigéo. Dans notre pays, beaucoup de précautions entourent la délivrance de l'autorisation d'exploitation et l'ASNR interviendra régulièrement, par exemple pour valider les procédures d'acheminement et les

itinéraires des convois qui transporteront les colis. Nous n'avons pas évoqué les bâtiments de surface, car ce n'est pas notre sujet d'aujourd'hui, mais ils devront être conformes aux prescriptions qui existent dans le domaine nucléaire civil. L'ASNR s'en assurera.

Mme Saïda Laârouchi-Engström. – Les analyses de sûreté sont revues tous les dix ans, ce qui permet de prendre en compte les évolutions intervenues dans l'installation pendant cette période.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. – Je vous remercie pour le travail qu'a fourni la Commission, en rappelant une nouvelle fois que ses membres exercent leurs fonctions à titre bénévole. L'Office s'appuiera sur l'ensemble de vos travaux pour formuler un avis, qui sera celui du Parlement.

La réunion s'achève à 12 h 00.

Membres présents ou excusés

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Réunion du jeudi 4 décembre 2025 à 9 heures

Députés

Présents. - M. Maxime Amblard, M. Philippe Bolo, M. Joël Bruneau, Mme Olga Givernet, M. Pierre Henriët, M. Maxime Laisney, M. Gérard Leseul, Mme Mereana Reid Arbelot, Mme Dominique Voynet

Excusé. - M. Alexandre Sabatou

Sénateurs

Présents. - Mme Florence Lassarade, M. Stéphane Piednoir

Excusés. - Mme Martine Berthet, Mme Alexandra Borchio Fontimp, M. Patrick Chaize, M. André Guiol, Mme Anne-Catherine Loisier