

N° 2943
ASSEMBLÉE NATIONALE
CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958
DIX-SEPTIÈME LÉGISLATURE

Enregistré à la présidence de l'Assemblée nationale

le 18 juin 2026

N° 773
SÉNAT

SESSION ORDINAIRE 2025 - 2026

Enregistré à la présidence du Sénat

le 18 juin 2026

RAPPORT

au nom de

**L'OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES**

sur

**L'évaluation de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo,
en application de l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement**

par

MM. Maxime AMBLARD, député, et Daniel SALMON, sénateur

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale
par M. Pierre HENRIET,
Premier vice-président de l'Office

Déposé sur le Bureau du Sénat
par M. Stéphane PIEDNOIR,
Président de l'Office

Composition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Président

M. Stéphane PIEDNOIR, sénateur

Premier vice-président

M. Pierre HENRIET, député

Vice-présidents

M. Jean-Luc FUGIT, député
M. Gérard LESEUL, député.
M. Alexandre SABATOU, député

Mme Florence LASSARADE, sénatrice
Mme Anne-Catherine LOISIER, sénatrice
M. David ROS, sénateur

DÉPUTÉS

M. Alexandre ALLEGRET-PILOT
M. Maxime AMBLARD
M. Eric BOTHOREL
M. Joël BRUNEAU
M. Lionel DUPARAY
Mme Olga GIVERNET
M. Maxime LAISNEY
Mme Mereana REID ARBELOT
M. Arnaud SAINT-MARTIN
M. Emeric SALMON
M. Jean-Philippe TANGUY
Mme Mélanie THOMIN
Mme Dominique VOYNET

SÉNATEURS

M. Arnaud BAZIN
Mme Martine BERTHET
Mme Alexandra BORCHIO FONTIMP
M. Patrick CHAIZE
M. André GUIOL
M. Ludovic HAYE
M. Olivier HENNO
Mme Sonia de LA PROVÔTÉ
M. Pierre MÉDEVIELLE
Mme Corinne NARASSIGUIN
M. Pierre OUZOULIAS
M. Daniel SALMON
M. Bruno SIDO
M. Michaël WEBER

M. Maxime Amblard est convenu, pour la durée de son mandat de député, d'une suspension de son contrat de travail chez Framatome.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	9
I. LES DÉCHETS RADIOACTIFS PRODUITS EN FRANCE.....	13
A. ÉLÉMENTS ÉCONOMIQUES ET SCIENTIFIQUES FONDAMENTAUX.....	13
1. La répartition des déchets selon leur origine	13
2. Les caractéristiques dangereuses propres à ces déchets	16
B. LES FILIÈRES DE GESTION ACTUELLES.....	17
1. Des filières complètes pour certains déchets seulement	18
2. Le projet Cigéo, solution envisagée pour les MA-VL et HA	19
II. LA MATURATION DU PROJET CIGÉO JUSQU'EN 2026	21
A. L'ÉLIMINATION PROGRESSIVE DES ALTERNATIVES	23
1. La mise à l'écart de la transmutation et de l'entreposage de longue durée	23
2. Le rapport final rendu en mars 2026 dans le cadre du PNGMDR.....	24
3. La non-exploration en France de la solution granitique	25
B. LE CONTRÔLE RENFORCÉ DU PARLEMENT, UNE SPÉCIFICITÉ FRANÇAISE.....	25
1. Un contrôle au long cours sous l'égide de l'Office	25
2. Les relais du Parlement dans la veille démocratique	26
3. Un contrôle démocratique, une exigence pour la filière	27
C. L'INFORMATION DE LA POPULATION	29
1. Un sentiment partagé de dévitalisation du débat	29
2. L'acceptabilité sociale autour de Cigéo	29
3. Une enquête publique prématurée ?.....	31
III. LA ROBUSTESSE DES OPTIONS DE CONCEPTION.....	33
A. LA SÛRETÉ PASSIVE APPORTÉE PAR LA ROCHE ARGILEUSE	33
1. La couche d'argile, élément central du dispositif	34
2. Autres enjeux de la pérennité du stockage.....	35

B. LA SÛRETÉ ACTIVE.....	36
1. Le traitement préalable	36
2. Le transport des colis vers Cigéo	37
C. LE CHOIX DE LA DESCENDERIE.....	37
1. Le choix entre une descenderie et un puits vertical	38
2. L'interdépendance de la décision avec des considérations économiques.....	39
D. LA PRISE EN COMPTE DES ASPECTS FINANCIERS, FACTEUR DE PERENNITÉ DU PROJET	39
1. Des évolutions du budget prévisionnel normales, mais qui doivent être contrôlées et anticipées	40
2. Un retour financier vers le territoire qui doit être une opportunité pour les habitants des communes concernées	41
IV. LES DÉCISIONS QUI RESTENT À PRENDRE	43
A. UN STOCKAGE PROGRESSIF DES DÉCHETS	43
1. L'autorisation progressive des volumes à descendre.....	43
a. Le volume total des déchets en France et la capacité de stockage de Cigéo.....	43
b. Les mécanismes d'une autorisation progressive du stockage	44
2. La mise en œuvre de la réversibilité	45
a. La réversibilité du stockage et la récupérabilité des colis	46
b. Sûreté et récupérabilité, deux principes à mettre en balance	47
B. LA PHASE D'EXPLOITATION, PHASE CRITIQUE DU PROJET	49
1. Les enjeux de la phase d'exploitation.....	49
2. Les colis bitumés, point de vigilance du risque incendie.....	50
3. Hydrogène et criticité : des sujets à approfondir pointés par l'ASNR.....	51
C. LA PHASE POSTÉRIEURE À LA FERMETURE, OBJET D'UNE CONTRE-EXPERTISE RIGOUREUSE.....	52
1. Scénarios d'intrusion humaine involontaire	52
2. Scénario d'évolution normale	53
3. Une contre-expertise riche d'enseignement.....	54
D. LA COMMUNICATION AVEC LES GÉNÉRATIONS FUTURES.....	55
1. L'indispensable éclairage des sciences humaines et sociales	55
2. Les enseignements des civilisations anciennes.....	56
CONCLUSION.....	57
RECOMMANDATIONS.....	58
EXAMEN DU RAPPORT PAR L'OFFICE (18 JUIN 2026)	59

LISTE DES PERSONNES ENTENDUES	82
LISTE DES SIGLES ET UNITÉS	85

INTRODUCTION

Le projet de stockage des déchets radioactifs de haute activité (HA) ou de moyenne activité et à vie longue (MA-VL) produits dans notre pays pourrait franchir l'année prochaine une étape importante. Sans s'interroger sur le bien-fondé de la filière nucléaire en soi, le présent rapport a pour seul objet d'évaluer cette avancée possible concernant l'aval du cycle.

À la suite du vote de la loi dite « Bataille » du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs et de la décision du Gouvernement de retenir le site de Meuse/Haute-Marne, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), avait ouvert à Bure (Meuse), en 2000, un laboratoire souterrain permettant d'étudier les caractéristiques de la couche argileuse située à 500 mètres sous terre susceptible d'être utilisée pour stocker des déchets radioactifs HA ou MA-VL. Elle y conduit depuis cette date de nombreuses expérimentations, ayant déjà percé pour ce faire des galeries dont la longueur totale est d'environ 2,5 km. Beaucoup de connaissances furent mobilisées pour concevoir, construire et exploiter ce laboratoire ; les expérimentations qui y ont été conduites ont produit des résultats. Faisant fond sur ces acquis l'installation qui fait l'objet de la demande d'autorisation de création évaluée dans le présent rapport est dénommée Centre Industriel de stockage Géologique, ou Cigéo. Cette dénomination fait écho à la nature de cette installation nucléaire de base très spécifique, qui est un « *centre de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs* » au sens des articles L. 542-10-1 et L. 593-2 du code de l'environnement.

Il s'agit aujourd'hui d'évaluer si les conditions sont réunies pour que le Gouvernement accorde à Cigéo, par décret en Conseil d'État, une autorisation de création ouvrant à la France, à terme, une solution pour gérer « *les déchets radioactifs ultimes [qui,] ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde* » ⁽¹⁾. Une demande d'autorisation de création a été déposée en ce sens par l'Andra en janvier 2023, qui a constitué à cette fin un dossier très complet disponible sur son site d'information grand public : <https://www.andra.fr/cigeo/les-documents-de-reference> .

En application du code de l'environnement, la Commission nationale du débat public a organisé une consultation dont elle a établi un compte rendu ; la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs, dite CNE2, a publié un rapport ; l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a adopté un avis. Ce rapport et cet avis ont été présentés devant l'Office le 4 décembre 2025. Il revenait ensuite à

(1) Article L. 542-1-2 du code de l'environnement.

celui-ci de conduire une évaluation de cette demande d'autorisation de création, conformément aux dispositions de l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement, tel qu'il est issu de la loi n°2006-739 du 28 juin 2006.

L'autorisation de création constitue un rendez-vous si important que, jusqu'en 2016, le code de l'environnement n'en envisageait l'octroi qu'après promulgation d'une loi. L'intervention du législateur n'est désormais prévue qu'à l'issue de la « phase industrielle pilote » ; elle reste requise pour autoriser la fermeture définitive du centre de stockage. Ainsi l'a voulu la loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue.

L'évaluation conduite par l'Office n'en a aujourd'hui que plus de signification. Il faut souligner d'emblée qu'elle porte sur une demande d'autorisation de création (DAC) qui constitue une autorisation-cadre, définissant des conditions générales sur la base desquelles des autorisations particulières seront ensuite délivrées au fil du temps, pour lancer une phase industrielle avec des colis inactifs, ou encore pour la mise en service avec des colis chauds, c'est-à-dire hautement chargés en radioactivité, à l'horizon 2050. Les premiers colis de déchets à haute activité ne devraient être stockés qu'à partir de 2080.

Au sein de la filière nucléaire, les métiers de l'aval du cycle sont mieux reconnus, comme en a témoigné Yannick Barthe, directeur d'étude à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS). Alors que ce sociologue s'intéressait à ce milieu professionnel dès le début des années 1990, il peut mesurer la visibilité accrue de ce maillon-clé de la filière nucléaire en 2026.

Cigéo entretient un rapport sans équivalent au temps. Le projet s'étend déjà sur des décennies ; il se prolongera encore sur environ un siècle et demi, pour sa seule durée d'exploitation. Parce qu'il requiert de se projeter jusqu'en 2150, et en fait bien au-delà puisque la sûreté de l'installation doit être appréciée à l'échelle de plusieurs millénaires, tout y est programmé et prévu sur une très longue période. Le temps n'est cependant pas un simple paramètre comptable. Il fait lui-même son œuvre. Certes, les lois de la physique sont invariantes par rapport au temps, ce qui fait la force de la démonstration de sûreté. En revanche, la compréhension de ces lois à travers le prisme scientifique peut, elle, varier en fonction du temps, ce qui explique que l'histoire de la science soit évolutive.

Il est vrai que le projet Cigéo satisfait aujourd'hui à un besoin avéré. Il apporte ainsi une réponse à l'interrogation persistante qui a, dès les débuts, pesé sur l'aval de la filière nucléaire. Une société responsable a le devoir de limiter les externalités négatives de ses activités dans le temps présent et dans le futur, ici liées au nucléaire, pour les laisser le moins possible à la charge des générations à venir dans l'hypothèse d'une solution plus acceptable qui apparaisse un jour. Une vigilance démocratique continue devra néanmoins être exercée sur la réalisation du projet.

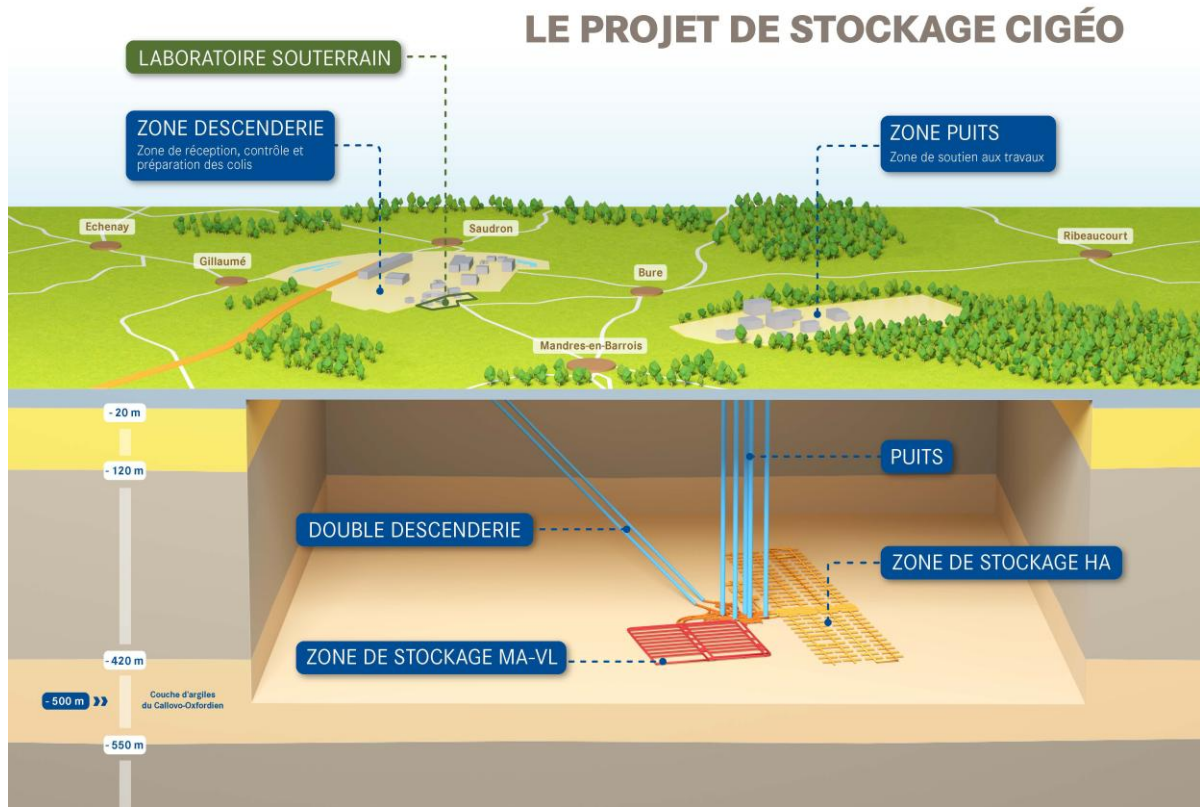


Figure 1 : schéma général du centre de stockage Cigéo (Andra)

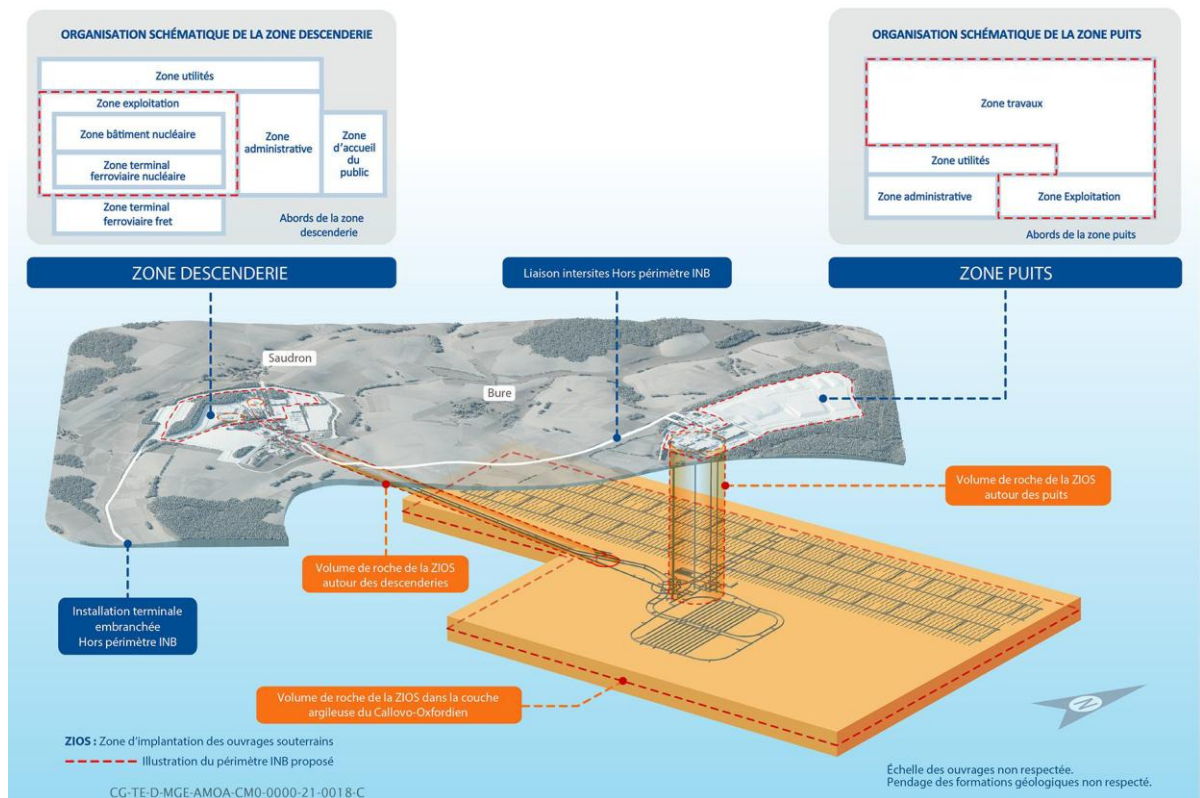


Figure 2 : Partie souterraine du centre de stockage Cigéo, tirée de la pièce 0 du dossier de DAC (Andra)

Après avoir dressé un tableau d'ensemble de la situation (I), le présent rapport entend apprécier la bonne tenue du processus qui a été suivi jusqu'à présent (II), avant d'évaluer la robustesse des options de conception désormais retenues (III), puis de clarifier les décisions encore à prendre à l'avenir (IV).

I. LES DÉCHETS RADIOACTIFS PRODUITS EN FRANCE

Les matières radioactives sont utilisées dans de nombreux domaines. En France, elles servent principalement à produire de l'énergie dans le secteur électronucléaire. Mais la Défense en emploie aussi pour la propulsion navale et la dissuasion nucléaire. Le secteur médical est également un cas d'usage appliqué de la radioactivité dans le cadre de diagnostics ou de traitements en scintigraphie et radiothérapie. Toutes ces activités nécessitent ou engendrent des éléments radioactifs tels que l'uranium, le plutonium, le thorium, le césium, l'iode, le technétium ou le cobalt.

Un inventaire des matières et déchets radioactifs présents sur le territoire national est dressé tous les cinq ans par l'Andra, en application de l'article L. 542-12 du code de l'environnement. Il fait la différence entre les matières radioactives, définies par l'article L542-1-1 du code de l'environnement pour lesquelles « une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement », et les déchets, qui n'ont plus vocation à être valorisés. Cette distinction entre déchets et matières est donc du ressort de la loi. Une matière peut être requalifiée en déchet après avis de l'ASNR si ses perspectives de valorisation « *ne sont pas suffisamment établies* ». La sûreté des substances radioactives doit être assurée indépendamment de leur statut de matière ou déchet.

A. ÉLÉMENTS ÉCONOMIQUES ET SCIENTIFIQUES FONDAMENTAUX

Le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs, ou PNGMDR, auparavant présenté tous les trois ans, est désormais établi tous les cinq ans par le Gouvernement, sur la base de l'inventaire national. Il expose la stratégie nationale concernant les filières de gestion des matières et déchets et formule des demandes et recommandations aux acteurs du secteur sur une base pluriannuelle.

1. La répartition des déchets selon leur origine

Les déchets radioactifs sont comptabilisés en volume par l'Andra. Ils représentaient environ 1 890 000 m³ fin 2024. La plupart (61,5 %) provient de l'industrie électronucléaire (EDF, et Orano à plus faible proportion), le reste étant principalement issu de la recherche (en particulier le CEA). Une partie de ces déchets provient de l'étranger, les producteurs hors de France ayant la possibilité de retraiter leurs combustibles à La Hague ; la loi Bataille de 1991 prévoit toutefois qu'ils ne puissent être définitivement stockés sur le territoire national.

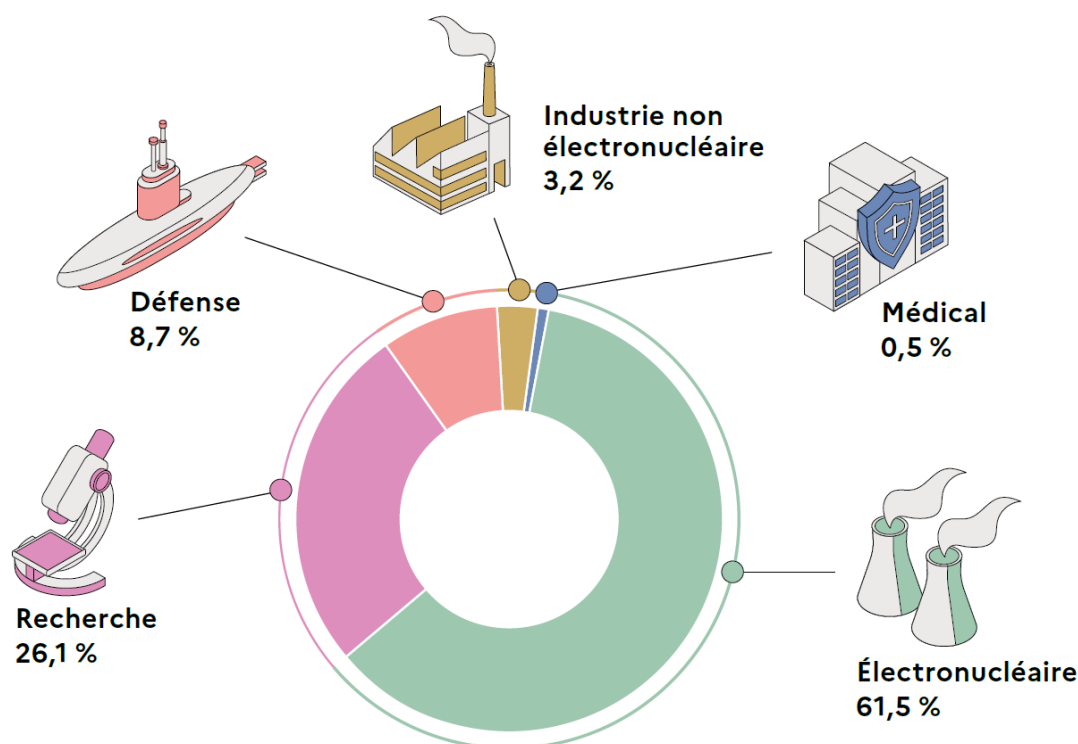


Figure 3 : Répartition des déchets radioactifs à fin 2024 par secteur économique
Source : Andra, *Inventaire national des matières et déchets radioactifs. Les Essentiels 2026*, février 2026.

Les matières radioactives regroupent les combustibles nucléaires sous plusieurs formes. Selon l’Inventaire national de 2023¹, les 587 tML² de combustibles à uranium naturel enrichi (UNE) avant utilisation dans les réacteurs ne constituent qu’une petite partie de la quantité présente sur le territoire national. Les combustibles UNE en cours d’utilisation dans les centrales électronucléaires sont comptabilisés à 4 050 tML. Les combustibles usés en attente de retraitement représentent la majorité de la masse des combustibles, pesant 11 200 tML. Ils sont entreposés sur les sites de production, avant d’être transférés à La Hague pour retraitement. C’est cette étape de potentielle ou possible future valorisation qui leur vaut d’être considérés comme matière et non comme déchet³. Le principe est le même pour l’uranium appauvri, qui constitue la grande majorité des matières radioactives avec 352 000 tML. Des perspectives de valorisation de ce sous-produit de l’enrichissement de l’uranium font en effet l’objet d’études prospectives, notamment dans le cadre de ce qui est appelé fermeture du cycle du combustible avec des réacteurs iso- ou sur-générateurs. Dans le cas où elles ne se matérialiseraient pas, il pourrait toutefois se voir requalifié en déchet radioactif⁴.

¹ Édition actualisée en février 2026, donnant les quantités présentes à la fin de l’année 2024.

² Tonne de métal lourd, unité de référence utilisée par l’Andra dans son inventaire pour mesurer les quantités de matières radioactives.

³ L’Inventaire national évalue aussi les quantités, plus faibles, d’uranium issu du retraitement des combustibles usés (URE).

⁴ L’Andra en détaille les pistes de valorisation dans l’Inventaire, dont le ré-enrichissement et l’utilisation dans des réacteurs à neutrons rapides : <https://inventaire.andra.fr/les-matieres-et-dechets-radioactifs/les-matieres-radioactives>

Matières radioactives	Masse à fin 2024 (en tML)	Évolution 2023/2024
Combustibles UNE avant utilisation	587	– 197
Combustibles UNE en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	4 050	– 70
Combustibles UNE usés, en attente de retraitement	11 200	+ 200
Combustibles URE avant utilisation	39	+ 20
Combustibles URE en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	19	+ 19
Combustibles URE usés, en attente de retraitement	624	– 1
Combustibles mixtes uranium-plutonium avant utilisation ou en cours de fabrication	22	– 10
Combustibles mixtes uranium-plutonium en cours d'utilisation dans les centrales électronucléaires	254	+ 69
Combustibles mixtes uranium-plutonium usés, en attente de retraitement ⁽¹⁾	2 530	+ 20
Rebuts de combustibles mixtes uranium-plutonium non irradiés en attente de retraitement	386	+ 11
Rebuts de combustibles uranium non irradiés en attente de retraitement	–	–
Combustibles usés RNR, en attente de retraitement	131	–
Combustibles des réacteurs de recherche avant utilisation	0,01	– 0,02
Combustibles en cours d'utilisation dans les réacteurs de recherche	1	–
Autres combustibles usés civils	62	–
Combustibles usés de la Défense nationale ⁽²⁾	228 tonnes	+ 11 tonnes
Plutonium séparé non irradié sous toutes ses formes physico-chimiques	73	+ 1
Uranium naturel extrait de la mine, sous toutes ses formes physico-chimiques	31 000	– 2 200
Uranium naturel enrichi, sous toutes ses formes physico-chimiques	2 910	– 440
Uranium enrichi issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques ⁽³⁾	23	+ 1
Uranium issu du retraitement des combustibles usés, sous toutes ses formes physico-chimiques ⁽³⁾	34 900	+ 300
Uranium appauvri, sous toutes ses formes physico-chimiques	352 000	+ 11 000
Thorium, sous la forme de nitrates et d'hydroxydes	8 510	–
Matières en suspension (sous-produits du traitement des minerais de terres rares)	2	– 2 ⁽⁴⁾
Autres matières ⁽⁵⁾	67	– 3

1. Les rebuts de combustibles mixtes uranium-plutonium non irradiés en attente de retraitement ont vocation à être, à terme, retraités et recyclés dans les réacteurs électronucléaires.
2. La masse des combustibles usés de la Défense nationale est mesurée en « tonnes d'assemblages »
3. L'uranium issu du retraitement des combustibles usés a vocation à être enrichi pour former de l'uranium enrichi issu du retraitement des combustibles usés qui sert à la fabrication des combustibles à l'uranium de retraitement enrichi (URE) à base d'oxyde d'uranium.
4. Des opérations de recyclage ont eu lieu en 2024 sur les matières en suspension qui étaient techniquement valorisables.
5. Le deuxième cœur de Superphénix, qui n'a pas été irradié et n'a pas vocation à l'être, a été classé dans la catégorie « Autres matières » dans la mesure où il ne s'agit ni de combustible avant utilisation ni de combustible usé.

Figure 4 : Masse des matières radioactives par catégorie

Source : Andra, *Inventaire national des matières et déchets radioactifs. Les Essentiels 2026*, février 2026.

Les déchets radioactifs sont aussi divers que leurs sources et leurs compositions. Les enjeux liés à leur stockage sont donc variés.

2. Les caractéristiques dangereuses propres à ces déchets

La radioactivité provient de la désintégration des radionucléides. Le taux de désintégration par seconde est une caractéristique non de l'élément chimique en question (par exemple l'uranium), mais de chacun de ses isotopes, c'est-à-dire des variantes de cet élément chimique qui se distingue par le nombre de neutrons contenu dans le noyau atomique (par exemple l'uranium 233 et l'uranium 235). Normalisé par la masse de l'échantillon radioactif et exprimé en Becquerels par gramme (Bq/g), il peut être utilisé pour mesurer l'activité d'un déchet radioactif. L'Andra identifie quatre catégories de déchets, en fonction de seuils d'activité logarithmiques :

- les déchets de très faible activité (TFA) : moins de 100 Bq/g ;
- les déchets de faible activité (FA) : entre 100 Bq/g et un million de Bq/g ;
- les déchets de moyenne activité (MA) : entre un million et un milliard de Bq/g ;
- enfin, les déchets de haute activité (HA) : plus de un milliard de Bq/g.

L'activité des déchets est un indicateur utile, mais elle ne mesure pas la nocivité des déchets. Celle-ci dépend – sur un plan radiologique et non chimique – de la nature des particules émises au cours de la désintégration (électrons, noyaux d'hélium, neutrons, photons) et de l'énergie qu'elles emportent, causant des dommages aux structures matérielles qu'elles rencontrent, notamment les molécules constituant les organismes vivants. Il est tout à fait possible qu'un échantillon radioactif engendre de nombreuses désintégrations par seconde, donc ait une forte activité, mais que ces désintégrations soient peu énergétiques, donc peu dangereuses. Pour mesurer la nocivité pour les êtres vivants de la radioactivité, on utilise une grandeur physique appelée équivalent de dose, mesurée en Sieverts¹, qui est l'énergie reçue par unité de masse biologique, pondérée par un facteur de dangerosité dépendant du rayonnement considéré. La typologie des déchets de l'Andra présentée ci-dessus décrit donc plus la nature intrinsèque d'un déchet que sa dangerosité pour les organismes biologiques.

La durée pendant laquelle les déchets restent radioactifs est le deuxième paramètre central de leur catégorisation. Elle est mesurée par la demi-vie, qui est une grandeur caractéristique de chaque isotope. Une demi-vie correspond au temps au bout duquel la radioactivité de l'échantillon aura diminué de moitié. C'est un indicateur exponentiel : au bout de deux demi-vies, la radioactivité est divisée par quatre ; il faut sept demi-vies pour la diviser par 128. Puisque la demi-vie peut être vue comme un indicateur du temps caractéristique de la décroissance

¹ Les Sieverts sont abrégés en Sv. Une autre unité, le Gray, peut aussi être utilisée pour caractériser l'absorption de radioactivité par les organismes biologiques. Une dose de 10 Sv reçue en une fois est létale pour l'être humain.

de la dangerosité, elle est déterminante pour le choix des modalités de stockage des déchets. L'Andra identifie deux durées charnières : cent jours et 31 ans¹ : lorsque leur demi-vie est inférieure à cent jours, les déchets sont dits à vie très courte (VTC) ; entre cent jours et 31 ans, ils sont dits à vie courte (VC) ; ils sont dits à vie longue (VL) lorsque leur demi-vie excède 31 ans.

La combinaison de ces deux critères de demi-vie et d'activité fournit une typologie complète des déchets radioactifs sur laquelle sont fondées les filières de leur gestion. Elle est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Période radioactive* / Activité**	Vie très courte (VTC) (période < 100 jours)	Principalement vie courte (VC) (période ≤ 31 ans)	Principalement vie longue (VL) (période > 31 ans)
Très faible activité (TFA) < 100 Bq/g	 Gestion par décroissance radioactive	 Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA) entre quelques centaines de Bq/g et un million de Bq/g		 Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	 Stockage à faible profondeur à l'étude-
Moyenne activité (MA) de l'ordre d'un million à un milliard de Bq/g			 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)
Haute activité (HA) de l'ordre de plusieurs milliards de Bq/g	Non applicable	 Stockage géologique profond en projet (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

Figure 5 : Classification des déchets radioactifs et filières de gestion associées. Figure tirée de l'inventaire national 2023 de l'Andra.

B. LES FILIÈRES DE GESTION ACTUELLES

Les déchets radioactifs doivent disposer d'une filière garantissant leur « gestion responsable et durable »². À cette fin, un mode de stockage pérenne et adapté doit être trouvé. Chaque catégorie de déchets fait l'objet d'un processus spécifique. Il convient à cet égard de distinguer entreposage et stockage : le premier terme désigne une modalité temporaire de prise en charge du déchet, nécessitée par l'état physique de celui-ci ou par l'absence de filière de gestion adaptée ; le second désigne l'ultime modalité de prise en charge du déchet dans le cadre d'une filière de gestion adaptée, aucune possibilité de traitement n'étant plus ouverte³. Avant d'être stocké, tout déchet est conditionné en fonction de sa catégorie pour répondre à des objectifs de sûreté.

¹ Cette durée a été choisie en référence à la demi-vie du césium 137, d'environ 30,5 ans. Ce radionucléide fait donc partie des éléments à vie courte.

² Comme rappelé dans le PNGMDR 2022-2026.

³ L'article L. 542-1-2 du code de l'environnement prévoit par exemple que « Les matières radioactives en attente de traitement et les déchets radioactifs ultimes en attente d'un stockage sont entreposés dans des installations spécialement aménagées à cet usage »

1. Des filières complètes pour certains déchets seulement

La plupart des catégories de déchets disposent aujourd'hui de telles filières de gestion. Ceux à vie très courte sont gérés directement sur les sites de production par les producteurs de déchets, leur décroissance radioactive étant suffisamment rapide. Les déchets de vie plus longue, dont la demi-vie dépasse 100 jours, nécessitent des sites de stockage dédiés. Les déchets TFA sont acheminés au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires). Situé dans l'Aube, il est géré par l'Andra. Deux autres sites de l'Andra, le CSA (centre de stockage de l'Aube), et auparavant le centre de stockage de la Manche à La Hague, reçoivent les déchets de faible et moyenne activité à vie courte.

Il subsiste cependant des déchets sans filière de gestion complète. Une des missions du PNGMDR est de « *déterminer les objectifs à atteindre pour les déchets sans mode de gestion définitif à ce jour* ». C'est le cas des déchets de faible activité à vie longue, qui sont pour la plupart des déchets anciens. L'accroissement annuel provient de l'usine Framatome de Jarrie et de celle d'Orano à Malvési. Ils sont entreposés sur leurs sites de production. Très hétérogènes, ils sont voués à être stockés de manière différenciée selon leur origine. Ils font l'objet de recherches de l'Andra. L'implantation d'un site de stockage à faible profondeur sur le territoire de la communauté de communes de Vendeuvre-Soulaines dans l'Aube est envisagée pour en accueillir une partie.

Il n'existe pas non plus de filière de gestion complète pour les déchets de moyenne activité à vie longue et ceux de haute activité. Ne constituant que 3 % du volume total des déchets, ils font pourtant l'objet d'une attention particulière puisqu'ils concentrent 99 % de la radioactivité totale. Les MA-VL sont principalement des déchets activés des réacteurs et des déchets de structure des combustibles nucléaires. Souvent compactés pour gagner en volume, ils sont entreposés chez les producteurs, comme l'installation ICEDA d'EDF sur le site de la centrale du Bugey. Les déchets extraits des combustibles usés¹ forment la catégorie des HA et représentent à eux seuls 97,2 % de la radioactivité totale. Issus de l'usine de retraitement d'Orano à La Hague, ils y sont entreposés après vitrification. Plusieurs dizaines d'années leur sont alors nécessaires pour baisser en température.

¹ C'est-à-dire des produits de fission et des actinides mineurs



Les pourcentages ont été calculés sur la base des chiffres exacts puis arrondis.

Figure 6 : Répartition du volume et des niveaux de radioactivité des stocks de déchets à fin 2021. Figure tirée de l'inventaire national 2023 de l'Andra.

2. Le projet Cigéo, solution envisagée pour les MA-VL et HA

Ce sont ces déchets MA-VL et HA qui ont vocation à être stockés dans Cigéo. L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement prévoit ainsi que « *les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur* » font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde. En plus des déchets déjà produits, Cigéo a aussi pour vocation d'accueillir les déchets équivalents à produire pendant la durée d'exploitation du centre. Des inventaires prospectifs ont été établis pour déterminer les quantités concernées.

Cigéo est dimensionné pour recevoir l'ensemble des déchets répertoriés dans l'inventaire dit « de référence ». Il inclut les déchets déjà produits, qui composent la moitié de cet inventaire, ainsi que ceux qui seront générés par les installations nucléaires de base en fonctionnement ou déjà autorisées en 2016¹. Au total, cela représente un volume de 83 000 m³ de déchets, soit une dizaine de fois la pyramide du Louvre. Ils sont répartis en 10 000 m³ de HA et 73 000 m³ de MA-VL.

Le centre de stockage devrait être exploité pendant une centaine d'années. Durant cette période, les grandes orientations stratégiques de la politique énergétique française sont susceptibles de changer. Depuis 2016, un programme de nouveaux EPR a été annoncé, en particulier suite au discours de Belfort du

¹ Ce point concerne en particulier l'EPR de Flamanville, ITER et le réacteur expérimental Jules Horowitz, qui sont inclus dans l'inventaire de référence

10 février 2022. Un inventaire de réserve propose des scénarios complémentaires à l'inventaire de référence. Il sert de base à des études prospectives d'adaptabilité réalisées par l'Andra¹. Dans son avis du 11 janvier 2018, l'ASN fixe l'objectif de ces études : *« justifier qu'il n'y a pas d'élément rédhibitoire au stockage des déchets de cet inventaire de réserve »*.

Les déchets HA et MA-VL que Cigéo prévoit de stocker se présenteraient sous des formes diverses. Les HA vitrifiés sont coulés dans des conteneurs en inox. Les MA-VL sont plus variés. Ils peuvent être compactés sous forme de galettes, ou bien conditionnés dans une matrice entourée d'un colis métallique. Une partie des déchets MA-VL se présente sous forme de colis bitumés. Ces déchets bitumés représentent 18 % de l'inventaire de référence². Ils posent à ce stade certains dangers spécifiques qui compliquent leur stockage. Leur inclusion dans Cigéo n'est donc pas confirmée à ce jour. Ce sujet est détaillé dans la quatrième partie de ce rapport.

¹ Elles sont présentées dans la version préliminaire du rapport de sûreté de l'Andra, au volume 12 : *L'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve*

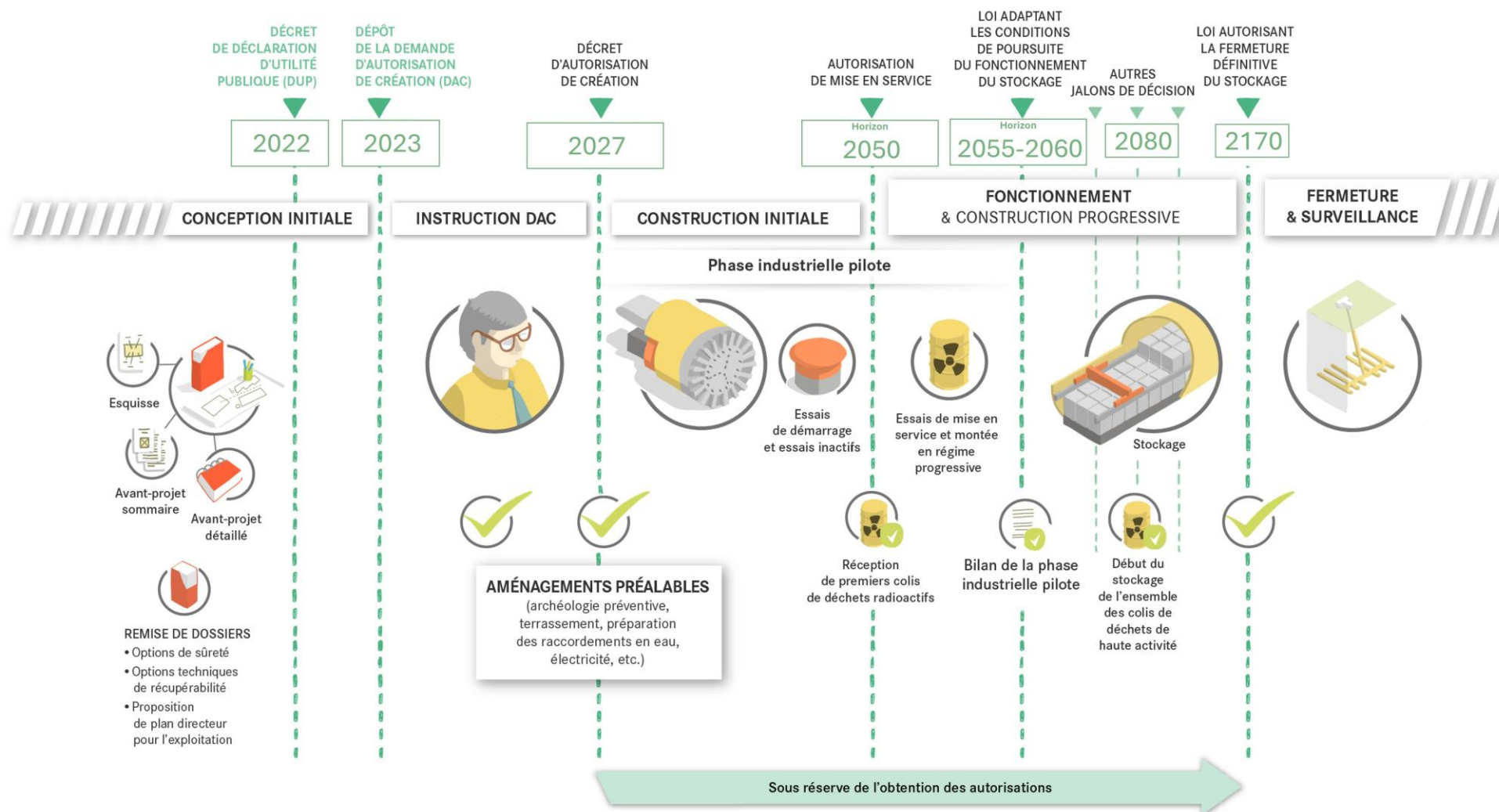
² Avis de l'ASN du 25 novembre 2025 relatif à la demande d'autorisation de création de Cigéo

II. LA MATURATION DU PROJET CIGÉO JUSQU'EN 2026

La demande d'autorisation de création de Cigéo constitue l'aboutissement d'un long processus technique et démocratique. Quand les premières centrales furent construites, dans les années 1960, le sort des déchets qu'elles produiraient n'avait pas été réglé d'avance. Dans un contexte où une forte opacité avait cours concernant la plupart des décisions relatives à la filière nucléaire, la question devint rapidement un point de cristallisation de l'opposition à son développement. Les premières réponses envisagées à partir des années 1970 et dans le courant des années 1980 peinèrent à convaincre.

Il fallut attendre la loi du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs, dont tant l'inspiration que la quasi totalité du texte sont issus des travaux conduits par l'Office en 1990, pour commencer à quitter ces tâtonnements. Cette loi fixa un cadre à la recherche d'une solution durable de gestion des déchets radioactifs, en maintenant ouvert un éventail de solutions et en garantissant une transparence de l'information relative à une décision éventuelle d'enfouissement. Elle fut ultérieurement complétée par une loi du 28 juin 2006, qui doit elle aussi beaucoup aux travaux de l'Office, et par une loi du 25 juillet 2016, qui fixent le cadre juridique actuel.

LES GRANDES ÉTAPES DU PROJET GLOBAL CIGÉO



A. L'ÉLIMINATION PROGRESSIVE DES ALTERNATIVES

Le stockage en couche géologique profonde s'est progressivement imposé comme la solution de référence pour apporter une réponse définitive à la question des déchets nucléaires HA et MA-VL produits en France. Initialement, la loi de 1991 retenait trois directions de recherche : la séparation / transmutation des éléments radioactifs à vie longue contenus dans ces déchets ; l'entreposage de longue durée de ces déchets en surface ou subsurface ; le stockage de ces déchets en formation géologique profonde.

1. La mise à l'écart de la transmutation et de l'entreposage de longue durée

Les deux premières solutions sont désormais écartées. En ce qui concerne la séparation/transmutation, les arguments récapitulés par l'IRSN dans sa contribution au débat public sur Cigéo de 2013 paraissent avoir prévalu :

« L'IRSN considère que la séparation/transmutation ne constitue pas une alternative au stockage géologique. En dépit de l'avancée des recherches qui se poursuivent aujourd'hui, il est vraisemblable que ces opérations ne seront pas réalisables à l'échelle industrielle dans un proche avenir ni applicables aux déchets déjà produits. Par ailleurs, la transmutation nécessite de déployer un parc de réacteurs dits de quatrième génération dont la conception est encore à l'étude. »

« En termes de sûreté, de radioprotection et de gestion des matières et déchets radioactifs, le bilan entre les gains et les contraintes apportés par la transmutation est très déséquilibré, les gains apparaissant faibles en regard des fortes contraintes induites sur le cycle du combustible. En effet, la mise en œuvre de la transmutation des actinides mineurs nécessite de manipuler des matières fortement radioactives en quantités importantes, de développer de nouveaux procédés de fabrication et de traitement nécessitant de nombreux sauts technologiques, ainsi que de concevoir de nouvelles installations et entreposages. Ceci conduira, d'une part à un accroissement sensible des sources de danger et des situations incidentelles et accidentelles à analyser, d'autre part à une augmentation des doses reçues par les opérateurs, pour des gains modestes pour un stockage géologique de déchets HA et MA-VL. »

En ce qui concerne le conditionnement et l'entreposage de longue durée, l'IRSN rappelait de même que *« la sûreté d'un entreposage, quel qu'il soit, repose sur des actions de maintenance et de surveillance »*. Aussi estimait-il :

« Compte tenu du fait qu'on ne peut pas garantir la vigilance perpétuelle de la société pour que ces actions soient réalisées, la sûreté de l'installation d'entreposage de longue durée ne peut être démontrée que sur une durée limitée. Même s'il est conçu de manière très robuste, le vieillissement des composants d'une telle installation nécessitera des actions de rénovation voire de reconstruction ainsi qu'un reconditionnement périodique des déchets qu'elle contient. (...) »

« L'IRSN estime en conséquence qu'il n'est pas approprié d'imposer sciemment aux générations futures une telle charge de contrôle et de maîtrise des risques, dès lors qu'une solution pérenne peut être mise en œuvre à une échéance rapprochée. »

2. Le rapport final rendu en mars 2026 dans le cadre du PNGMDR

L'un des comités instaurés dans le cadre du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) a pour mission d'évaluer et de débattre des options de gestion alternatives ou complémentaires au stockage géologique. Il s'agit du Comité d'expertise et de dialogue sur les alternatives au stockage en couche géologique profonde (CEDA). En mars 2026, il s'est appuyé sur le dernier panorama connu, produit en 2019 par l'IRSN, pour rendre un rapport final concluant à l'absence d'alternatives « réalistes ».

Comme le relevait déjà ce rapport de l'IRSN, le stockage dans les fonds marins ou l'immobilisation dans les glaces polaires ne sont plus considérés aujourd'hui comme des solutions viables pour des raisons éthiques ou juridiques.

Quant à la séparation/transmutation, elle permettrait théoriquement de réduire le stock de déchets. Mais elle ne serait applicable qu'à certains radionucléides contenus dans les déchets, ceux de la famille de l'uranium, appelés actinides mineurs : le neptunium (Np), l'américium (Am) et le curium (Cm). Or le volume de ceux-ci est de quinze à vingt fois inférieur à celui des produits de fission contenus dans un colis HA.

Au surplus, la séparation/transmutation reste aujourd'hui au niveau de l'expérimentation sur des quantités très réduites et ne peut donc être une solution à l'échelle de la quantité à traiter, d'autant qu'elle n'est pas envisageable pour les déchets déjà vitrifiés.

L'entreposage de longue durée, déjà pratiqué par Orano à La Hague, est enfin, par définition, limité dans le temps.

En conclusion, il apparaît que d'autres solutions existent effectivement pour traiter les déchets des activités nucléaires civiles. Mais, sans être forcément des leurres, elles ne constituent pas, à proprement parler, des solutions de remplacement réalistes au stockage géologique profond. C'est pourquoi le CEDA recommande de *« ne pas reporter la mise en œuvre d'un stockage en couche géologique profonde le temps de mener les recherches nécessaires au développement »* d'alternatives.

Toutefois, nul ne pouvant préjuger de l'avenir, le législateur a consacré le principe d'une réversibilité du stockage dans Cigéo, dont les contours seront précisés plus loin dans le présent rapport. La loi n° 2006-739 du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, précise à cet égard que l'autorisation de création d'un centre de stockage en couche géologique

profonde ne peut être délivrée que si la réversibilité de ce stockage est assurée pour une durée d'au moins 100 ans.

3. La non-exploration en France de la solution granitique

Que cet enfouissement ne soit finalement expérimenté en France que dans la roche argileuse, et non dans le granite, demeure une promesse non tenue des années 1990. Il est vrai que l'expérience suédoise d'enfouissement dans cette roche a cependant pu être prise en compte entretemps.

En tant que rapporteurs de l'Office sur le PNGMDR, M. Bruno Sido et Mme Émilie Cariou s'étaient rendus à Stockholm en 2021 en tant que rapporteurs de l'Office sur le PNGMDR. Ils relevaient dans leur rapport de mars 2022 que l'équation géologique se pose en fait en des termes différents en France et en Suède, puisque ce pays scandinave ne dispose pas de fonds argileux. Ils soulignaient par ailleurs :

« Le granite peut être fissuré, être marqué par des failles, et bien qu'il soit par lui-même peu perméable, l'eau est donc susceptible d'y circuler. Cette particularité a conduit les Suédois à décider l'encapsulage de leurs déchets de haute activité dans des conteneurs en cuivre. »

Les rapporteurs se félicitaient d'avoir reçu à Stockholm l'éclairage de Mme Saïda Laarouchi Engström, devenue depuis cette date présidente de la CNE2. Ils saluaient l'apport très précieux que représente l'expertise extérieure qui est la sienne pour l'Office en éclairant de manière scientifique et indépendante cette question dans notre pays. Elle soulignait notamment que l'encapsulage dans des conteneurs en cuivre, très coûteux, rendait préférable l'enfouissement dans la roche argileuse quand un pays en dispose.

B. LE CONTRÔLE RENFORCÉ DU PARLEMENT, UNE SPÉCIFICITÉ FRANÇAISE

Depuis longtemps, les sciences politiques ont mis au jour la difficulté inhérente à l'exercice qui consiste à inscrire dans un cycle électoral court la définition à long terme de stratégies de politiques publiques.

1. Un contrôle au long cours sous l'égide de l'Office

Dans le cas du traitement des déchets radioactifs, l'instrument des lois de programmation, souvent utilisé dans d'autres domaines, est apparu inadéquat. Car la durée d'exploitation de Cigéo est sans commune mesure avec cette échelle de temps.

Aussi a-t-il fallu définir des instruments spécifiques de suivi de la filière nucléaire. L'un d'entre eux est le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). Il est transmis au Parlement qui en saisit l'Office pour

évaluation, désormais tous les cinq ans. Forts de l'éclairage de la CNE2, les rapporteurs désignés en son sein en font l'analyse pour leurs collègues ; après les avoir entendus, l'Office délibère et adopte, le cas échéant sous une forme modifiée, le rapport sur le PNGMDR.

Outre l'exercice régulier de ses fonctions de contrôle sur le PNGMDR, le Parlement sera également saisi en tant que législateur sur les suites du projet Cigéo, si sa création est autorisée. Le code de l'environnement prévoit en effet, en son article L. 542-10-1, qu'à l'issue de la phase industrielle pilote, c'est-à-dire aux alentours de 2060, l'Office sera saisi des résultats de cette phase pilote et devra les évaluer ; le Gouvernement devra alors présenter un projet de loi adaptant les conditions d'exercice de la réversibilité du stockage et prenant en compte, le cas échéant, les recommandations de l'Office. Une autre loi sera nécessaire pour autoriser la fermeture définitive du stockage, à l'horizon 2150.

2. Les relais du Parlement dans la veille démocratique

Pour exercer sa fonction de vigie démocratique sur les sujets nucléaires, le Parlement dispose en France de relais importants.

La *Commission nationale du débat public* a pour mission de garantir le droit à l'information et à la participation du public, droit inscrit à l'article 7 de la Charte de l'environnement. Autorité indépendante, elle organise des consultations qui concourent à une meilleure diffusion de l'information sur des projets ou des politiques publiques ayant un impact sur l'environnement. En garantissant le respect du principe du contradictoire dans les échanges se déroulant sous son égide, elle induit en effet les participants à mieux s'approprier les renseignements disponibles et diffusés dans un souci de transparence de l'information.

Le *Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire* (HCTISN) joue également un rôle important au niveau national. Instance indépendante et pluraliste dans laquelle siègent l'ensemble des acteurs du monde nucléaire, il a pour mission de garantir et de promouvoir la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire. Les rapporteurs en ont entendu des représentants, au premier chef M. Michel Badré, qui préside au sein du HCTISN le groupe de suivi de Cigéo. Le comité comprend au demeurant deux sénateurs et deux députés, grâce à qui une liaison organique avec le Parlement se trouve assurée. Mme Marie-Claude Varailas, M. Pierre Cazeneuve, Mme Dominique Voynet et M. Patrick Chaize en font actuellement partie à ce titre. Ces deux derniers sont à la fois membres du HCTISN et membres de l'Office.

Enfin, autour des installations nucléaires de base, des *commissions locales d'information* (CLI), chargées d'une mission générale de suivi, d'information et de concertation permettent d'informer les citoyens. Elles sont composées de représentants de la société civile (élus, associations, etc.). À Bar-le-Duc, les rapporteurs sont allés à la rencontre des membres du comité local d'information et de suivi (CLIS) de Bure, spécifique au laboratoire souterrain. Engagés parfois

depuis très longtemps au sein de cette instance, ceux-ci disposent sans conteste d'une bonne connaissance des enjeux du dossier. Le CLIS de Bure n'est d'ailleurs pas qu'une instance de concertation. Disposant d'un petit budget, il a pu diligenter une expertise indépendante sur un point précis du dossier d'autorisation de création de Cigéo, à savoir les effets d'une intrusion humaine involontaire sur le site, par exemple lors d'un forage de reconnaissance, cinq cents ans après la fermeture de l'installation. Ce travail apporte un éclairage précieux sur l'évaluation du dossier de DAC conduite par l'ASNR, comme on le verra plus loin.

Le CLIS de Bure continuera d'exister auprès du laboratoire prolongé jusqu'en 2050. Mais, en vertu de la réglementation, une simple CLI devrait entretemps entrer en service auprès de l'INB nouvellement créée. Des pourparlers ont été engagés à la DGEC pour que ces deux structures n'en forment en fait qu'une seule. Le principe d'une fusion semblerait faire l'objet d'un accord, mais ses modalités sont encore en discussion. Cela lui garantirait au demeurant des ressources financières plus sûres qu'à une simple CLI, cette entité dépendant entièrement des départements financeurs. Les rapporteurs appuient cette idée de former une entité commune au laboratoire et aux installations souterraines, même si elle suppose le maintien d'un financement étatique.

3. Un contrôle démocratique, une exigence pour la filière

Dans la mesure où il faisait l'impasse sur le traitement ultime de ses déchets, le programme électronucléaire français n'avait pas, initialement, été pensé jusqu'à son terme, certains allant jusqu'à soutenir qu'au regard des volumes générés chaque année, le temps ne pressait pas pour consolider une solution solide et mature, sans chercher à brûler les étapes. Le manque fut progressivement corrigé dans les années 1980 puis, de manière décisive, en 1991 grâce à la loi Bataille. Depuis cette date, un dispositif a été prévu pour chercher – et pour trouver –, en accord avec la société civile et les communautés concernées, une solution acceptable d'enfouissement géologique.

S'il peut sembler parfois lourd, il permet néanmoins de s'assurer que les déchets nucléaires civils produits en France échapperont définitivement au sort des déchets britanniques et, dans une moindre mesure, belges, qui furent coulés entre 1950 et 1963 dans la fosse des Casquets située dans les eaux britanniques, à 15 km au nord-ouest du Cotentin.

Le contre-exemple absolu de StocaMine

Au cours des dernières décennies, l'État a déjà recouru une fois à l'enfouissement profond dans le but de stocker des déchets dangereux sur de très longues périodes. Bien que les déchets toxiques enfouis ne fussent pas de même nature que des déchets nucléaires, les insuffisances et les lacunes observées tant

dans la conception que dans l'exploitation de ce site d'enfouissement apportent quelques enseignements sur les erreurs à éviter dans la conduite d'un projet industriel de cette ampleur transposable à la conception et la gestion de Cigéo.

Un lourd passif de conception et d'exploitation

Avant l'ouverture de StocaMine, la France ne possédait aucun centre de stockage pour les déchets hautement toxiques, dits de classe 0 (la classe 1 comprenant les déchets dangereux) : déchets arséniés, mercuriels, chromiques, phytosanitaires ou encore amiantés. Alors que l'activité minière liée à la potasse déclinait, la décision fut prise, à la fin des années 1980, de reconvertir le site des Mines domaniales de potasse d'Alsace en y créant un centre de stockage souterrain de déchets dangereux. Connu sous le nom de StocaMine, le site est implanté dans un gisement de sel qui était considéré comme imperméable à l'eau par les experts techniques de l'époque ; il fut choisi au vu de ces qualités géologiques, mais aussi du fait que les infrastructures existaient déjà.

Le site fut autorisé en 1997 par décret et StocaMine entra en fonctionnement en 1999. L'histoire du site est parsemée d'incidents d'exploitation. Pendant ses quatre années de fonctionnement, StocaMine connut notamment : en 1999 et en 2001, des grèves du personnel qui laissèrent les déchets en surface pour plusieurs semaines, alors que l'arrêté préfectoral fixait une limite maximale de 48 heures ; une explosion due au méthane lors du traçage d'une galerie en 2000 ; le stockage illégal de colis interdits. Un incendie qui se déclara en 2002 dans les installations souterraines eut pour conséquence l'interruption du stockage de déchets dans StocaMine.

Un bilan provisoire sévère dressé à l'Assemblée nationale en 2018

L'Assemblée nationale consacra des travaux à StocaMine en 2018. Une mission d'information commune à la commission du développement durable et de l'aménagement du territoire et à la commission des affaires étrangères en dressa un bilan provisoire. Il apporte de nombreux éléments sur les dysfonctionnements de StocaMine.

D'abord, les règles initiales ne furent pas respectées, ainsi certaines prescriptions de l'autorisation préfectorale de 1997 relatives à la nature des déchets stockés et aux conditions de stockage ; le stockage de déchets interdits y contrevenait de manière flagrante. La cause de l'incendie de 2002 fut attribuée à des manquements aux règles de sécurité. Il témoignait en effet de lacunes dans la gestion du site, telles que l'acceptation de déchets indistinctement étiquetés « *big bags* » ou l'absence de contrôle de déchets au motif qu'ils étaient amiantés.

Le principe de réversibilité fut également pris en défaut. Sa mise en œuvre ne put être garantie du fait de l'absence de traçabilité fiable des déchets, de la dégradation des contenants et des contenus et de l'effondrement progressif des galeries, par suite d'un phénomène de convergence. Sur le plan de la communication, l'obligation de réversibilité fut parfois présentée au grand public

de manière inadéquate, voire fallacieuse, certains acteurs cherchant à entretenir l'idée que le stockage ne serait que temporaire.

De manière générale, cette expérience d'enfouissement en profondeur montre qu'il n'est pas sans amener des difficultés importantes. Mais le principal défaut de conception venait du choix d'un site ancien, déjà fragilisé, où l'activité minière initiale était de surcroît maintenue en parallèle du stockage.

Sur tous les points en cause, le projet Cigéo ne reproduit pas les erreurs de StocaMine. Survenu dans notre pays, dans un passé tout à fait récent, ce fiasco de grande ampleur maintient cependant à juste titre l'opinion publique en alerte quant aux dangers que réserve une entreprise d'enfouissage profond de déchets qui serait à la fois mal préparée, mal conçue et mal conduite.

C. L'INFORMATION DE LA POPULATION

Alors que les débuts de l'énergie nucléaire étaient marqués dans les années 1960 par une communication très verticale, des efforts de transparence de l'information ont été fort heureusement entrepris, et ont débouché sur une transparence de l'information garantie par un réseau d'instances de concertation et d'échanges officiels.

1. Un sentiment partagé de dévitalisation du débat

S'appuyant sur les contributions de ses plus jeunes adhérents, Mme Myrto Tripathi, présidente des Voix du nucléaire, association qu'elle a fondée en 2018, a posé sans détour le problème de l'affectation optimale des ressources allouées à ce dispositif complexe. Ses propos ne sont pas loin de rejoindre ceux des militants anti-nucléaires qui siègent au sein du comité local de suivi et d'information de Bure. Tout comme les autres membres du comité, mais de manière plus incisive encore, ils ont fait part aux rapporteurs de leur lassitude devant l'accumulation des sollicitations réglementaires et des consultations institutionnelles. Elles se succèdent en effet de manière très soutenue, alors que les dossiers concernés comprennent des milliers de pages. Plus d'une personne entendue a exprimé le sentiment que trop d'information tue l'information.

L'Andra a certes fourni de réels efforts de communication, en multipliant non seulement les brochures très pédagogiques, mais aussi en expérimentant des jeux éducatifs tels que les jeux sérieux. L'information fondamentale, très abondante et très technique, demeure inéluctablement assez hermétique, ce qui suscite parfois le découragement de certains, mais également la montée en expertise pour d'autres.

2. L'acceptabilité sociale autour de Cigéo

Sur le terrain, la situation est nuancée. Les rapporteurs ont non seulement rencontré les équipes de l'Andra à Bure, mais aussi les membres du comité local

d'information et de suivi (CLIS) ainsi que le président du conseil départemental de la Meuse et le préfet du département, préfet coordinateur de Cigéo, à Bar-le-Duc.

Des informations concordantes qu'ils ont recueillies, il ressort que trois cercles de connaissance se dessinent autour de l'installation. Dans l'environnement immédiat, soit dans un rayon d'environ 50 kilomètres alentour, les riverains se sentent concernés ; ils sont attentifs aux efforts d'information qui sont réalisés ; ils peuvent aussi visiter directement le laboratoire, ce qui les met à même de se forger leur propre opinion. Au-delà de ce périmètre, l'intérêt subsiste, sans que le grand public dispose toutefois de moyens aussi nombreux pour approfondir quels sont les risques inhérents à l'enfouissement. Plus loin encore, à l'échelle du territoire national, c'est l'indifférence vis-à-vis de Cigéo qui prédominerait, comme sur bien d'autres sujets qui sont éloignés du quotidien.

Cela n'empêche qu'une opposition s'exprime sur la voie publique. Dès 2018, un géographe, Philippe Subra intitulait « Cigéo, un conflit à vie longue » (<https://doi.org/10.3917/her.170.0209>) un article paru dans la revue *Hérodote*. Comme le préfet de la Meuse l'a indiqué aux rapporteurs, il arrive d'ailleurs que des militants viennent de l'étranger, notamment de Belgique ou d'Allemagne, pour participer aux manifestations organisées autour de Cigéo. L'Andra paraît avoir pris la mesure du problème, comme en témoigne par exemple le développement d'une version anglaise de son site de communication grand public.

D'autres oppositions dépassent cependant le cadre d'une mobilisation anti-nucléaire au sens strict. Dans les manifestations hostiles à Cigéo, les services du ministère de l'Intérieur relèvent ainsi la participation de militants venus d'autres horizons thématiques que la cause anti-nucléaire. Le préfet de la Meuse soutient notamment que des soutiens de la cause palestinienne ou des défenseurs de l'identité non binaire rejoignent désormais régulièrement les cortèges qui défilent aux confins de la Meuse et de la Haute-Marne. Que cela soit toujours vrai ou non, un concours tactique s'observe certainement, à l'occasion, entre diverses forces fédérées par un élan commun de solidarité.

Dans ce contexte, l'un des grands motifs de satisfaction des rapporteurs est la qualité du dialogue entre le HCTISN et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI). L'ANCCLI participe en effet très activement aux différents travaux du Haut Comité. Le collège des CLI y est représenté par celles de Paluel-Penly, de la Manche, de Marcoule-Gard, de Nogent-sur-Seine et de Fessenheim. En 2025, l'ANCCLI s'est notamment investie dans les travaux du groupe de travail relatif à la politique de l'ASNR en matière de transparence et de dialogue avec la société ainsi que celui relatif à la concertation autour du projet Cigéo, comme le souligne son dernier rapport annuel d'activité (p. 44).

3. Une enquête publique prématurée ?

Alors qu'elle était initialement envisagée à l'automne 2026, comme l'engagement en aurait été pris auprès des riverains, et même de manière plus officielle encore, l'enquête publique relative à la demande d'autorisation de création de Cigéo se déroule finalement du 18 mai au 16 juillet 2026. Le calendrier de l'enquête publique se juxtapose ainsi à celui de la présente évaluation. Cette situation a conduit le président de l'Office ainsi que les rapporteurs à interroger la ministre déléguée chargée de l'énergie, par une lettre du 31 mars 2026, pour connaître les raisons de cette modification de calendrier.

L'enquête publique est un dispositif d'information et de recueil des avis de la population. Elle a été ouverte par le préfet de la Meuse. Pour la conduire, le président du tribunal administratif de Nancy a désigné cinq commissaires enquêteurs titulaires et trois commissaires enquêteurs suppléants, moyens exceptionnels qui témoignent de l'importance accordée à la question.

Assurément, cette accélération témoigne d'une volonté de ne pas perdre de temps, dans le cadre d'un projet qui a déjà connu de nombreux retards. L'été, quoique n'étant pas une période théoriquement interdite à l'enquête publique, apparaît comme un temps de moindre activité où la consultation se déroule dans des circonstances qui peuvent sembler au juge faire obstacle à un accès régulier et normal au dossier. Pour cette raison, une enquête publique empiétant sur l'été paraissait exclue, dans la mesure où elle aurait pu fragiliser le bon déroulement de la procédure. Ainsi, l'enquête publique devait nécessairement avoir lieu avant ou après l'été.

Dans un communiqué du 10 avril 2026, le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) a déclaré prendre *« acte avec regret de la décision gouvernementale d'avancer à mai 2026 l'enquête publique, sans consultation préalable des parties prenantes »*. Dans son avis n° 19, il recommandait en outre que la portée de l'enquête soit nationale et qu'elle dure au minimum deux à trois mois. En définitive, l'enquête publique, qui ne courait initialement que sur 45 jours, ne doit qu'à sa prolongation par l'arrêté interpréfectoral n° 2026-1303 du 17 mai 2026, de durer le minimum de 2 mois préconisé par le HCTISN. Seule la période automnale apparaissait en vérité offrir la possibilité d'organiser une enquête publique de trois mois.

Quant à l'échelle retenue, l'enquête publique ne sera finalement conduite qu'à l'échelle locale, là encore à l'encontre des préconisations du HCTISN. Que deux webinaires ouverts à tout le territoire national soient malgré tout prévus ne change rien au tableau d'ensemble.

Il faut rappeler que le code de l'environnement n'établit pas de lien entre cette enquête publique et l'évaluation parlementaire de Cigéo et que seul l'avis de l'ASNR et les réponses qu'y apporte l'ANDRA sont nécessaires pour ouvrir l'enquête publique. Même si, compte tenu du calendrier finalement retenu, l'évaluation conduite par l'Office ne pourra donc pas porter la voix parlementaire

dans le débat organisé par l'enquête publique, elle saura néanmoins alimenter utilement la réflexion du Conseil d'État quand il devra préciser les conditions d'exploitation de Cigéo lors de l'élaboration du décret autorisant la création de l'installation.

III. LA ROBUSTESSE DES OPTIONS DE CONCEPTION

Comme vu dans la partie I, la nocivité de long terme des déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) ne permet pas d'envisager un stockage en surface ou à faible profondeur. À l'heure actuelle, ils sont entreposés à La Hague dans des sites de surface, en l'attente d'une solution définitive. Le projet Cigéo semble donc représenter la réponse technique à cette obligation légale et a vocation à recevoir uniquement ces déchets HA et MA-VL.

La sûreté du futur centre de stockage devra être pleinement démontrée et garantie, comme pour toute installation nucléaire de base. L'enfouissement de déchets MA-VL et HA et la quantité de radioactivité qui sera confinée dans le site rendent impérative cette sûreté, ainsi que le respect d'exigences de transparence et d'information.

Le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo constitue une étape importante du projet, mais s'inscrit dans un long processus de recherches, de concertation et de décision. Du point de vue de la sûreté, l'ASN et l'IRSN, puis l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection, ont déjà eu dans le passé à se prononcer sur les options choisies. L'Andra les a mûries pendant des décennies de travaux, y compris au sein du Laboratoire du Bure.

Elle a transmis à l'ASNR *une version préliminaire du rapport de sûreté* pour évaluation dans le cadre de la DAC. L'Autorité a rendu un avis favorable à la poursuite du projet et a présenté cet avis à l'Office le 4 décembre 2025. L'avis de l'ASNR ne signifie pas la fin du contrôle de sûreté de Cigéo, bien au contraire. Il certifie que les options de conception lui paraissent de nature à garantir la sûreté future du site. Toutefois, la mise en service du site, limitée à la phase industrielle pilote, passera par une autorisation de l'ASNR (et non plus un avis) sur la base du dossier de sûreté que l'Andra déposera à cette occasion.

Il n'appartient pas à l'Office de formuler une appréciation sur les décisions prises par l'ASNR concernant la sûreté. Il convient toutefois d'explicitier les options de conception choisies par l'Andra et d'évaluer si elles sont, à ce stade, de nature à garantir la sûreté et la pérennité du futur centre.

A. LA SÛRETÉ PASSIVE APPORTÉE PAR LA ROCHE ARGILEUSE

On touche ici au principe fondamental de Cigéo. La sûreté après fermeture du site, c'est-à-dire après une centaine d'années de fonctionnement, devra être assurée de manière passive, sans action humaine ni surveillance renforcée. Ce projet ne repose en effet pas sur une confiance illusoire dans la robustesse multiséculaire de l'infrastructure, ni dans la responsabilité d'hypothétiques opérateurs du XXIII^e siècle. C'est au contraire la géologie locale qui fournit le

confinement et la durabilité souhaités, en se fondant sur l'invariance des lois physiques par rapport au temps. Une certaine cohérence se dégage du constat que les périodes radioactives se situant aux échelles de temps géologiques, la solution de confinement choisie est elle-même précisément de cette nature.

1. La couche d'argile, élément central du dispositif

Les déchets seront stockés dans la roche argileuse du Callovo-Oxfordien (COx), à 500 m de profondeur. Cette couche géologique d'une centaine de mètres d'épaisseur s'étend entre la Meuse et la Haute-Marne. Elle présente des caractéristiques favorables au stockage des déchets radioactifs, et en premier lieu sa capacité à confiner les radionucléides. Sa structure est dite auto-cicatrisante, pour reprendre le terme employé par Yves Géraud, professeur et géologue au laboratoire nancéen GéoRessources entendu par les rapporteurs ; à son sens, cette particularité ne permettrait pas aux radionucléides de s'échapper de la roche, y compris sur des temps géologiques. De plus, elle est imperméable à l'eau¹, ce qui éviterait le transport des éléments radioactifs le long de circulations d'eau souterraines, et préviendrait la contamination des aquifères qui en sont isolés.

La couche est chargée d'assurer le confinement. C'est elle que le Laboratoire de Bure étudie. Creusé à la même profondeur et à proximité immédiate du site déterminé pour Cigéo, il est le lieu d'expériences depuis une vingtaine d'années pour confirmer ces propriétés. Une délégation de l'Office à laquelle ont pris part les rapporteurs a pu visiter le réseau de galeries du laboratoire, en activité aujourd'hui mais n'ayant pas vocation à recevoir des colis de déchets.

D'autres lieux en France avaient aussi été envisagés dans un premier temps, comme Marcoule, site argileux près de Bagnols-sur-Cèze dans le Gard, ou La Chapelle-Bâton, site granitique dans la Vienne. L'argile présentant de meilleures qualités de rétention est la principale raison pour laquelle cette dernière option a été abandonnée, comme on l'a vu plus haut. Des pays comme la Suède ou la Finlande, ne disposant pas sur leur territoire de roches argileuses aux caractéristiques souhaitées, y ont toutefois recours.

Malgré les propriétés favorables de la couche d'argile, certains radionucléides² peuvent néanmoins y circuler et se diffuser dans les roches environnantes. C'est le cas du sélénium, du chlore et de l'iode. La radioprotection des populations et de l'environnement repose alors sur la compétition entre la décroissance radioactive d'un côté, qui diminue la nocivité des isotopes avec le temps, et la migration des radionucléides de l'autre. Le stockage doit être conçu de

¹ Les mesures font état de conductivités hydrauliques inférieures à 10^{-12} m/s. Damien Jougnot, Étude géophysique des phénomènes de transfert dans les argilites du Callovo-Oxfordien partiellement saturées en eau : application à l'EDZ du site de Bure. Hydrologie. Université de Savoie, 2009.

² La couche d'argile a des propriétés de rétention des radionucléides cationiques ; ce sont les formes anioniques qui sont susceptibles de se diffuser.

façon que ces éléments mettent suffisamment de temps à atteindre la surface ou les eaux souterraines pour que leur concentration dans l'environnement de surface et la dose délivrée à la population puissent être tenues pour négligeables. L'un des rapporteurs avait interrogé la CNE2 à ce sujet au cours de l'audition du 4 décembre 2025.

Dans le cas de Cigéo, les modélisations de l'Andra quant à la compétition entre migration et décroissance radioactive font état d'une dose maximale pour l'adulte de $5,2 \times 10^{-4}$ mSv/an au pic de radioactivité, qui aura lieu dans 710 000 ans. Cela reste très nettement en-deçà de la limite de dose réglementaire de 1 mSv/an¹, et en particulier des milliers de fois inférieur à la dose de radioactivité naturelle moyenne en France². L'ASNR conclut dans son avis du 25 novembre 2025 à la « *bonne capacité de confinement en après-fermeture* » et à une démarche de sûreté « *satisfaisante sur le plan des principes* ». Ceci devra néanmoins continuer à être étudié au cours des phases suivantes du projet, et faire l'objet d'une attention particulière. La démonstration de l'absence de conséquences environnementales et sur la santé humaine, la faune et la flore en surface est une condition absolue de la validité de ce mode de stockage.

À cet égard, l'avis de l'ASNR sur Cigéo retient que « l'instruction technique du dossier a permis de mettre en lumière plusieurs aspects du dossier devant être complétés ou développés dans cette perspective », qui concernent notamment « certaines caractéristiques hydrogéologiques des couches marneuses de la série grise, de l'Oxfordien calcaire et du COx ».

2. Autres enjeux de la pérennité du stockage

Les échelles de temps en question sont liées à la demi-vie des éléments radioactifs, c'est-à-dire la durée nécessaire pour diviser leur activité par deux. Étant donné que la loi ne prévoit pas de seuil de libération pour les déchets radioactifs, il n'existe pas non plus de période au bout de laquelle les déchets stockés seront considérés comme inactivés. Pour autant, la version préliminaire du rapport de sûreté de l'Andra³ prévoit une division par plus de mille de l'inventaire radiologique des déchets stockés au bout d'un million d'années, les éléments les plus radioactifs s'étant quant à eux désintégrés au bout de mille à dix mille ans⁴. Il peut alors paraître souhaitable que la couche d'argile reste géologiquement stable

¹ Hors exposition médicale

² Cette radioactivité est principalement due au radon, à hauteur de 1,5 mSv/an. En ajoutant l'exposition médicale, les rayonnements cosmiques et telluriques, ainsi que la dose reçue via l'eau et les aliments, on atteint une dose moyenne de 4,5 mSv/an. ASNR, FAQ Radioprotection de l'Homme, <https://recherche-expertise.asnr.fr/foire-questions/faq-radioprotection-lhomme>

³ Et en particulier son volume 3 consacré aux colis de déchets

⁴ Concernant les déchets HA, le césium et strontium, à durée de vie d'une quarantaine d'années, laissent rapidement la place à l'américium. Au bout de quelques milliers d'années, tous ces éléments s'étant désintégrés, le technétium devient le principal émetteur. Pour les MA-VL, le nickel est dominant pendant le premier million d'années, sous forme de Ni⁶³ pendant 600 ans puis Ni⁵⁹ moins radioactif. Ce n'est qu'au bout de 900 000 ans que le plutonium devient l'élément majoritaire.

sur plusieurs millions d'années. Les rapporteurs ont bénéficié sur ce point de l'éclairage d'Yves Géraud, professeur et géologue au laboratoire nancéen GéoRessources spécialisé dans les questions d'enfouissement de déchets. Du fait de l'éloignement du fossé rhénan et du front alpin, le site est bien stable tectoniquement, et ce pour longtemps. La couche d'argile du Callovo-Oxfordien s'est ainsi déposée il y a environ 160 millions d'années. Pour mettre ces durées en perspective, les fossiles les plus anciens connus à ce jour d'*Homo Sapiens* remontent à 300 000 ans¹.

Le territoire sur lequel est implanté le site est par ailleurs cohérent avec les attendus. Il est d'abord faiblement peuplé. Cela n'est en aucun cas un prétexte pour accepter des rejets radioactifs en surface, et la démonstration de sûreté doit être garantie indépendamment de la densité de l'habitat qui est susceptible d'évoluer dans le prochain million d'années, échelle de temps de Cigéo. Mais l'éloignement de centres de populations simplifie la construction des ouvrages de surface et tend à diminuer le risque d'intrusion involontaire. Ce risque est d'autant plus limité que la région est pauvre en ressources géologiques, réduisant naturellement l'intérêt de forages prospectifs. Le Dr Niemeyer, chargé par le CLIS de Bure d'une contre-expertise sur les questions d'intrusion involontaire, dont les conclusions sont détaillées plus loin, se félicite pour ces raisons du choix du lieu.

B. LA SÛRETÉ ACTIVE

Avant d'atteindre cet horizon lointain de l'après-fermeture du site, la sûreté et la sécurité devront être assurées pendant une centaine d'années au minimum dans des conditions d'exploitation. Plus le centre s'approchera de sa fermeture, plus la sûreté passive jouera un rôle important. Pendant sa période d'activité, les zones où les déchets seront manipulés formeront des interfaces où les ouvertures dans le confinement passif de l'argile devront être compensées par une sûreté active. Elle proviendra de la manière dont les déchets seront traités, transportés, encapsulés dans des colis et stockés en profondeur.

1. Le traitement préalable

Avant leur déplacement vers Cigéo, les combustibles usés font l'objet de retraitements préalables, afin de limiter au maximum leur quantité. Dans ce domaine du retraitement, la France fait figure d'exception en recherchant la fermeture du cycle du combustible. Ce n'est pas un procédé partagé dans le monde entier, certains, comme les États-Unis ou la Suède ne le pratiquant pas pour diverses raisons stratégiques et économiques. La loi française prévoit que seuls les déchets ultimes, après recyclage et retraitement, fassent l'objet d'un stockage en couche géologique profonde. L'Office a clairement rappelé dans son évaluation du troisième PNGMDR ces orientations stratégiques prévues par la loi. Le

¹ Ce sont les fossiles de Djebel Irhoud au Maroc. Jean-Jacques Hublin, Abdelouahed Ben-Ncer et al., *New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens*, *Nature*, juin 2017.

retraitement entraîne une diminution du volume de déchets. C'est un point favorable à Cigéo, qui n'a vocation à recevoir que les ultimes quantités de déchets.

En France, les colis sont moins volumineux, ce qui constitue un paramètre déterminant pour la manutention et permet d'envisager une descenderie oblique et non verticale, comme l'a expliqué aux rapporteurs M. Jean-Michel Romary, de l'entreprise Orano. Cela contraste avec la situation observée en Suède ou en Finlande.

2. Le transport des colis vers Cigéo

Ces colis seront ensuite acheminés en train jusqu'à Cigéo depuis les sites de production ou l'usine de retraitement de La Hague. L'option finalement retenue est celle de la construction d'un terminal ferroviaire nucléaire relié à la gare de Gondrecourt-le-Château. Cela évite le transport par route, susceptible d'engendrer des nuisances pour les populations locales. Le transport ferroviaire est déjà largement utilisé à l'heure actuelle dans le cadre du cycle du combustible nucléaire. Des trains emmènent ainsi régulièrement les combustibles usés des réacteurs nucléaires jusqu'à l'usine d'Orano à La Hague. Au maximum de son exploitation, Cigéo pourra accueillir jusqu'à soixante trains par an, circulant sur une ligne spécifique. Le transport des déchets devra donc faire l'objet d'une attention particulière du point de vue de la sûreté.

Une fois arrivés, les colis seront examinés par l'Andra pour vérifier leur intégrité, et pourront éventuellement être reconditionnés pour les mettre en conformité avec les spécifications requises. Dans la mesure du possible, le minimum de manipulation des colis sera effectué à cette étape. Ils seront ensuite amenés au fond au moyen d'une descenderie, puis stockés dans des galeries différentes suivant leur nature. Les MA-VL trouveront leur place dans de grandes galeries, alors que les HA seront enfilés horizontalement dans des alvéoles, étroits tuyaux de plus de cent mètres de long. Les scellements autour de ces galeries font l'objet de recherches au Laboratoire de Bure pour vérifier leur robustesse au cours des années d'exploitation et après la fermeture. Ils devront notamment démontrer leur capacité à assurer le compartimentage dans les scénarios d'intrusion humaine involontaire. La récupérabilité des colis de déchets nécessite qu'ils restent intègres tout au long de la période d'activité du site. C'est un des points sur lequel l'ASNR a demandé des clarifications à l'Andra en vue de l'autorisation de mise en service.

C. LE CHOIX DE LA DESCENDERIE

Le trajet entre la surface et le fond s'opère de manière générale par un puits vertical. La descenderie oblique de Cigéo n'a donc pas manqué d'interroger.

1. Le choix entre une descenderie et un puits vertical

Trois solutions s'offraient en réalité, soit un ascenseur, soit une descenderie oblique en spirale, soit une descenderie oblique rectiligne (voir Figure 1 dans l'introduction du rapport). L'ascenseur en puits vertical est un moyen utilisé en quasi-exclusivité ailleurs, comme l'a souligné M. Bernard Laponche lors de son audition par les rapporteurs. Il convient bien à des colis relativement volumineux, tels que ceux qui sont le plus souvent stockés à l'étranger, dans les pays où les combustibles usés ne sont pas retraités au préalable. Pour une raison inverse, grâce à ce retraitement particulier à la France qui limite le volume des colis, la descenderie est une solution tout aussi envisageable à Cigéo.

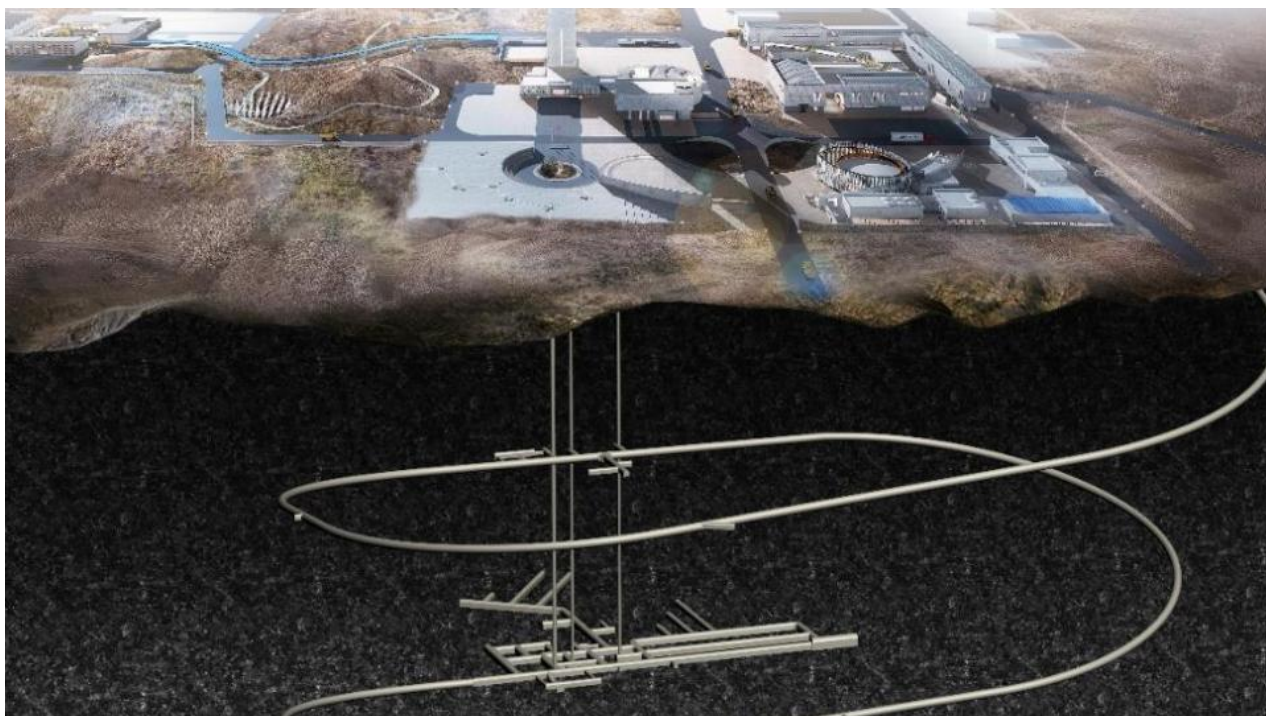


Figure 7 : vue d'artiste d'une descenderie oblique en spirale prévue pour le site de Beishan en Chine (source : Andra)

Les solutions ont été étudiées conjointement dans le dossier de préparation de 2005. Ce dossier, baptisé « dossier Argile », a mis en évidence combien il était difficile de mener à bien une démonstration de sûreté garantissant l'absence de chute d'un colis, comme l'a fait ressortir l'instruction technique conduite par l'IRSN. Cela n'exclut pas que la preuve de la sûreté ait jamais pu être apportée pour une descente par puits vertical, mais, aux dires de l'Andra, la démonstration s'est simplement avérée plus aisée à mener à bien s'agissant d'une descenderie.

En dernier ressort, il s'agit en effet d'une application des lois de la physique, en l'occurrence de la loi de la gravité. Dans une descenderie oblique avec une pente de 12 %, il est à tout moment possible d'affaler le wagon sur les rails du funiculaire. Sur cette base, la démonstration de sûreté amène à exclure l'hypothèse où un colis s'écrase au fond. En 2009, à l'issue des études techniques et des analyses de sûreté des différentes options, le choix de la descenderie oblique rectiligne a été retenu en référence, de même que celui d'une descente des colis

placés dans des hottes confinantes, manutentionnées sur un plan incliné au moyen d'un funiculaire : en effet, l'option d'un engin automoteur alimenté par du carburant inflammable ou par l'électricité, nécessaire dans le cadre d'une descenderie oblique en spirale, n'est pas sans présenter de risque d'incendie, alors que les moteurs du funiculaire envisagé resteraient à l'extérieur.

2. L'interdépendance de la décision avec des considérations économiques

Ce choix de la descenderie oblique a fait cependant l'objet d'une controverse. M. Bernard Laponche, président-fondateur de Global Chance, a soutenu devant les rapporteurs que cette solution avait été retenue, de préférence au puits vertical d'un ascenseur, pour des raisons strictement économiques. Il s'est notamment appuyé sur un passage de l'avis délibéré par l'Autorité environnementale n° 2024-40 du 27 juin 2024 sur le centre de stockage Cigéo (52-55). Celle-ci y exprime qu'elle « *reste interrogative sur les conséquences environnementales de la prise en compte de considérations d'équilibre des produits fiscaux entre départements pour un projet d'ampleur nationale de durée plurimillénaire* ».

Le choix d'une descenderie oblique rectiligne conduit en effet à chercher un point d'entrée éloigné de plusieurs kilomètres de la verticale des installations, ce qui ouvre un éventail de possibilités que n'offrirait pas la construction d'un ascenseur. Dans l'exercice de ce choix, il se pourrait qu'ait joué la circonstance que l'entrée de la descenderie soit implantée à Saudron, en Haute-Marne, alors que le reste de l'installation est à Bure, dans la Meuse. De ce fait, les deux départements bénéficient des retombées fiscales liées à la présence de Cigéo, ce qui concorde avec l'intention initiale d'en faire un projet commun aux deux départements, même si la coexistence de deux sites éloignés entraîne un périmètre de protection plus important et des coûts afférents.

Il n'en demeure pas moins que c'est d'abord le choix de la descenderie qui a ouvert la possibilité d'une telle répartition de ces bénéfices. Même si les considérations économiques n'ont pas été absentes de la décision d'ensemble, ce sont donc d'abord des considérations de sûreté qui ont prévalu, selon l'Andra, comme elles ont certainement prévalu aussi sur la considération du coût.

D. LA PRISE EN COMPTE DES ASPECTS FINANCIERS, FACTEUR DE PERENNITÉ DU PROJET

Cigéo est un projet de grande infrastructure de très long terme, dont la construction s'étendra sur plusieurs décennies parallèlement à son exploitation. Pour qu'il repose sur des bases solides, le calendrier de conception et le budget associé doivent être cohérents. La sûreté du centre dépendra de la capacité du maître d'ouvrage à construire et exploiter convenablement le site. Il en va aussi de la pérennité de l'installation que les coûts d'utilisation soient supportables par ceux qui les supportent, c'est-à-dire les producteurs de déchets nucléaires. De

même, une telle infrastructure structurante pour le territoire ne saurait se concevoir sans inclure la population locale. Les retours économiques vers ce territoire doivent donc être adéquatement pris en compte dans le projet.

1. Des évolutions du budget prévisionnel normales, mais qui doivent être contrôlées et anticipées

Le financement de la gestion des déchets radioactifs est à la charge de ceux qui les produisent, selon le principe plus général du « pollueur payeur ». La majeure partie des déchets provient des installations nucléaires de base, principalement celles d'EDF. Viennent ensuite le CEA et Orano, ainsi que le secteur médical. Les producteurs apportent les ressources de deux fonds, l'un ayant pour objet de financer les études relatives aux installations de stockage des déchets HA et MA-VL de l'Andra et les opérations et travaux préalables ; l'autre étant destiné au financement de la construction, de l'exploitation, de la fermeture, de l'entretien et de la surveillance de ces installations de stockage.

Afin de permettre aux producteurs de déchets de provisionner dès maintenant les coûts correspondant à la gestion future des déchets résultant de leur activité présente, le Gouvernement a arrêté le coût total de Cigéo, études, construction et opérations comprises, à 37 milliards d'euros en 2026. Il s'appuie pour cela sur les estimations fournies par l'Andra dans le cadre du dossier de demande d'autorisation de création.

L'écart important avec l'arrêté précédent du 15 janvier 2016 fixant le montant total de Cigéo à 25 milliards d'euros a fait réagir certains opposants. Cette augmentation s'explique en partie par le changement des conditions économiques au cours de la décennie passée. Jean-Michel Romary, directeur de la programmation stratégique, du démantèlement et des déchets d'Orano, explique et donne son opinion : *« Le coût de référence correspond à ce qu'on imaginait. C'est un coût complet, qui intègre aussi les opérations sur l'ensemble de l'exploitation. La phase de construction initiale ne coûtera que 9,7 milliards. Entre les premiers et derniers chiffrages, hors effet d'inflation, le coût a augmenté de seulement 15 %, ce qui semble raisonnable. »*

M. Bernard Laponche a fait part aux rapporteurs de son inquiétude quant aux conséquences de la hausse du coût sur le devenir du projet, en affirmant qu'« EDF n'est plus en position pour faire des provisions, faute de ressources ». Les rapporteurs ont interrogé M. Olivier Giraud, directeur de la ligne projet filières déchets d'EDF, sur le sujet. Il leur a pour sa part confirmé la capacité d'EDF à assurer le financement du projet, soulignant que « les dépenses de Cigéo sont provisionnées ». Il a en outre justifié cette augmentation par le report à 2050 de la mise en service du centre, ce nouveau calendrier fiabilisant, selon lui, le planning.

Il reste difficile d'estimer avec précision le coût complet d'un projet d'aussi long terme, et ce alors que plusieurs scénarios sont sur la table quant à la

quantité précise de déchets que le centre aura vocation à accueillir. C'est d'autant plus le cas dans le contexte d'une relance du nucléaire annoncée par le Président de la République en février 2022, même si, dans l'état actuel de la réglementation, il n'est pas prévu que l'ensemble des nouveaux déchets soient stockés dans Cigéo. Cela est encore compliqué par la prise en compte de l'évolution de la situation économique au cours du temps, et l'inclusion de l'inflation de très long terme dans les calculs, sujets sur lequel il conviendra de poursuivre les études au cours de l'avancement du projet. Les évolutions de la société incitent aussi à la prudence quant à la stabilité du financement, ce qui ajoute aux incertitudes. Sur ce sujet, Yves Marignac, porte-parole de Négawatt, a indiqué aux rapporteurs que le coût de Cigéo ne représente au total que 1 % à 2 % du coût de production d'électricité nucléaire actuel. La Cour des comptes ayant calculé qu'un doublement du devis de Cigéo n'occasionnerait qu'une augmentation de 1 % du coût annuel de production du kWh d'électricité nucléaire ¹, il pourrait être pertinent de provisionner davantage afin de parer à un éventuel surcoût.

Dans son avis du 25 novembre 2025, l'ASNR considère que « *le calendrier de développement du projet apparaît comme réaliste, à la lumière des éléments dont dispose l'Andra aujourd'hui.* » C'est un point essentiel, car la dérive des coûts des grands projets est souvent corrélée à une accumulation des retards.

Il est raisonnable de s'attendre à une clarification progressive du coût exact au fur et à mesure de l'avancement du projet. Il convient néanmoins de surveiller son évolution, qui ne doit pas menacer l'équilibre financier des producteurs d'électricité. En cas d'autorisation de création de Cigéo, une vigilance particulière devra être de mise sur le respect des échéances du projet, en particulier celles concernant la phase industrielle pilote.

2. Un retour financier vers le territoire qui doit être une opportunité pour les habitants des communes concernées

Deux groupements d'intérêt public (GIP) gérés par les élus locaux (Région, Département, groupements de collectivités territoriales), l'un dans la Meuse et l'autre en Haute-Marne, dotés chacun de 30 millions d'euros², participent au développement de l'activité économique liée à Cigéo. Ces fonds sont censés préparer l'arrivée de Cigéo par la construction d'infrastructures ou par la rénovation de l'habitat ou le développement d'habitations modulaires. Le développement de TPE et PME locales appelées à travailler sur le chantier est également encouragé. Cela s'inscrit dans une stratégie plus large pour garantir des impacts positifs du projet sur le territoire.

¹ Les coûts de la filière électronucléaire, Rapport public thématique. Cour des comptes, janvier 2012

² À travers une taxe sur les installations nucléaires de base. Rapport de la Chambre régionale des comptes, Groupement d'intérêt public (GIP) « Objectif Meuse », 15 février 2023

EDF a également installé ses archives non loin du futur centre de stockage. L'entreprise va investir 10 millions d'euros supplémentaires dans la construction d'un atelier de maintenance nucléaire à Bure¹.

Les avantages financiers associés à l'implantation de Cigéo ont pu faire dire aux opposants que l'Andra achetait l'accord des habitants. Ils peuvent aussi s'entendre comme une compensation des effets négatifs locaux de ce projet d'intérêt stratégique pour la production énergétique nationale. Comme l'a expliqué aux rapporteurs le président du conseil départemental de la Meuse, « *il s'agit moins d'une manne financière que d'une opportunité* » pour développer un territoire au cœur de la diagonale du vide. Rappelons que les départements ont perdu au profit des régions toute compétence en matière économique, ce qui donne d'autant plus d'importance à l'instrument financier qu'ils conservent ainsi, par exception, entre leurs mains.

L'Andra prévoit 2 000 emplois pendant la phase de construction, puis 600 emplois permanents pendant la phase d'exploitation. La crainte subsiste toutefois qu'une grande partie du personnel habite dans les métropoles hors de la Meuse et de la Haute-Marne, en particulier à Nancy.

¹ Philippe Bohlinger, « EDF va investir 10 millions d'euros dans la construction d'un atelier de maintenance nucléaire à Bure, dans la Meuse ». *L'Usine Nouvelle*, 8 juin 2026

IV. LES DÉCISIONS QUI RESTENT À PRENDRE

Les décisions fondamentales ont déjà été prises en matière de choix du site et de conception des installations de Cigéo. Mais d'autres points ne sont pas encore tranchés. Sur plusieurs d'entre eux, une réflexion a déjà eu lieu. Il convient de définir les termes dans lesquels se posent les problèmes encore ouverts, sur lesquels une clarification reste nécessaire à l'avenir.

A. UN STOCKAGE PROGRESSIF DES DÉCHETS

Cigéo est un projet dont la capacité maximale ne saurait être connue à l'avance. La couche géologique d'argile grise, épaisse de 150 mètres, s'étend sur une zone très vaste. Elle sera exploitée au fur et à mesure pour le stockage des déchets inscrits à l'inventaire de référence.

1. L'autorisation progressive des volumes à descendre

Les spécifications techniques du projet fixent cependant un cadre très strict pour la détermination du volume total des déchets à stocker finalement dans le complexe à l'étude. La réflexion repose sur la distinction entre trois inventaires qui peuvent servir de base pour évaluer les besoins et pour fournir des estimations plus particulières du volume à stocker.

a. Le volume total des déchets en France et la capacité de stockage de Cigéo

Il existe d'abord un **inventaire national** qui recense l'ensemble des déchets radioactifs produits en France. Régulièrement mises à jour, ces données sont disponibles en tant que données ouvertes, sous l'égide de l'Andra, qui en garantit l'accessibilité sur son site d'information grand public. Au cours de l'audition publique sur le cinquième PNGMDR tenue le 25 janvier 2024 devant l'Office, Mme Virginie Wasselin, cheffe de service à l'Andra, avait rappelé que les déchets provenant des installations militaires, non inclus dans le PNGMDR, sont pris en compte dans l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs de l'Andra, bien que n'y soit fourni aucun détail les concernant.

Les déchets qui doivent être stockés dans Cigéo sont repris dans un **inventaire de référence**. Comme l'explique l'Andra, « *cet inventaire de référence a servi de donnée d'entrée pour concevoir et dimensionner Cigéo tel que présenté dans le dossier de demande d'autorisation de création déposé en janvier 2023* ». Il répertorie 83 000 mètres-cube de déchets, soit 73 000 mètres-cube de déchets MA-VL et 10 000 mètres-cube de déchets HA.

Les installations souterraines qui font l'objet de l'enquête publique en cours sont donc prévues pour contenir les déchets répertoriés dans cet inventaire de référence.

Un inventaire complémentaire, appelé **inventaire de réserve**, est également prévu. Il prend en compte plusieurs scénarios d'évolution des installations¹ : arrêt du recyclage des combustibles usés conduisant à une forte hausse du volume des déchets HA à stocker ; stockage de déchets de *faible* activité-vie longue, notamment des déchets bitumés ; construction de six nouveaux réacteurs ; prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs existants jusqu'à 60 ans. Dans le passé, l'ASN a montré son inquiétude sur ces incertitudes.

Il est également bon de préciser ici que Cigéo n'est toutefois dimensionné que pour ce qui est déjà connu et acté, et que son adaptabilité à divers scénarios de politique énergétique est étudiée, mais que la poursuite par la France d'une production électronucléaire à grande échelle et pour une durée significative posera la question d'un autre site d'enfouissement, la distance à la ventilation centrale constituant un paramètre limitant de l'extension des galeries.

b. Les mécanismes d'une autorisation progressive du stockage

L'Office est très attentif à ce qu'une éventuelle autorisation de création de Cigéo ne soit pas un blanc-seing pour stocker indistinctement des masses de déchets toujours plus grandes. Au cours de l'audition de l'ASNR, le jeudi 4 décembre 2025, les parlementaires de l'Office se sont fait préciser comment l'Autorité envisage les futures modalités d'autorisation de stockage. La réponse de Mme Stéphanie Guénot-Bresson, commissaire de l'ASNR, a été consignée comme suit dans le compte rendu de la réunion :

« Dans l'hypothèse d'une autorisation de Cigéo, 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 [elle a entretemps été publiée le 13 février 2026], 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. »

Selon les informations ultérieurement recueillies auprès de l'ASNR, l'inventaire de référence correspond ainsi aux déchets déjà produits et futurs à produire pour les installations existantes ou déjà autorisées à fin 2016. Cela inclut

¹ Ils sont détaillés dans la pièce 7 du dossier de DAC : version préliminaire du rapport de sûreté, volume 12, l'adaptabilité de l'INB à l'inventaire de réserve

le réacteur Jules Horowitz à Cadarache, Iter, et le parc actuel sous l'hypothèse d'une durée de vie de 50 ans. Mme Stéphanie Guénot-Bresson avait poursuivi :

« 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. ».

Ces études d'adaptabilité ont vocation à s'assurer que le stockage de déchets inscrits à l'inventaire de réserve n'amènerait pas de remise en cause majeure des grandes lignes de la conception de Cigéo. Selon les informations plus précises ultérieurement recueillies auprès de l'ASNR, les études d'adaptabilité jointes au dossier d'autorisation de création ont été étendues à des hypothèses qui dépassent l'inventaire de réserve initial, en incluant notamment la poursuite du parc à 60 ans ou la construction de six EPR2.

Sous ces hypothèses nouvelles, l'installation resterait encore adaptable ; en particulier, son emprise ne s'étendrait pas hors de la « zone de transposition » où la possibilité d'implanter un stockage est établie. La prolongation du parc à 60 ans et les six nouveaux réacteurs sont couverts par l'inventaire de réserve ; les études d'adaptabilité montrent que l'inclusion des déchets correspondants dans Cigéo ne se heurterait pas à des obstacles d'un genre nouveau.

En tout état de cause, un éventuel décret d'autorisation ne saurait autoriser les quantités correspondantes aux variables les plus incertaines de la programmation pluriannuelle de l'énergie, telles que la prolongation de l'exploitation du parc jusqu'à 60 ans ou encore la création de six EPR de deuxième génération.

L'Andra s'est également engagée à apporter des éléments relatifs à un programme d'études visant à consolider l'inventaire en substances toxiques chimiques¹ à considérer pour l'étude d'impact de Cigéo, selon l'avis de l'ASNR sur Cigéo.

2. La mise en œuvre de la réversibilité

Les solutions alternatives au stockage géologique ayant été écartées, la réversibilité est conçue pour conserver néanmoins à la génération à venir, à titre secondaire, une marge de décision relative au traitement des déchets. Ainsi l'a voulu la loi de 1991. Elle fut réécrite pour la dernière fois par la loi n° 2016-1015 du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute activité et moyenne activité à vie longue.

¹ L'Andra retient comme substances toxiques chimiques l'uranium, le plomb, le mercure, l'antimoine, le cadmium, le sélénium, l'arsenic, le nickel, le chrome, le bore, le béryllium, le radical CN et l'amiante.dans la version préliminaire du rapport de sûreté

Au cours de l'examen de ce texte à l'Assemblée nationale, Jean-Yves Le Déaut, alors président de l'Office, avait défendu l'idée que la réversibilité offre *« la possibilité pour les générations futures, pendant 100 ans, d'arrêter, de continuer ou de modifier le projet »*¹. Au cours de son examen au Sénat, Ronan Dantec, opposant au texte, mettait cependant en garde contre le risque que celui-ci ne présente de la réversibilité qu'*« une définition fumeuse »*². En définitive, l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement dispose que la réversibilité est *« la capacité, pour les générations successives, soit de poursuivre la construction puis l'exploitation des tranches successives d'un stockage, soit de réévaluer les choix définis antérieurement et de faire évoluer les solutions de gestion »*.

Dix ans plus tard, il est sain de tirer un premier bilan de la mise en œuvre de ce principe et d'évaluer les modalités concrètes de la réversibilité prévue dans le dossier d'autorisation de création de Cigéo, pour s'assurer qu'il met bien en œuvre les exigences de la loi. C'est à l'exploitant, c'est-à-dire à l'Andra, que revient la tâche de réaliser une revue de mise en œuvre de la réversibilité. Elle doit y procéder au moins tous les cinq ans, en cohérence avec les réexamens de l'installation tous les dix ans.

a. La réversibilité du stockage et la récupérabilité des colis

La réversibilité repose sur quatre composantes, énoncées dans la loi de 2016 : la progressivité de la construction ; la flexibilité de l'exploitation ; l'adaptabilité de l'exploitation ; la récupérabilité des colis de déchets. À partir d'une évaluation de cette dernière composante, il est possible de comprendre l'enjeu plus général de la réversibilité.

En pratique, pour que la réversibilité soit possible, il faut en effet avant tout pouvoir récupérer les colis. Les participants au débat public qui s'est tenu en 2013 au sujet de Cigéo avaient jugé bien flous les contours de cette récupérabilité. Dans sa délibération du 5 mai 2014 relative aux suites à donner au débat public sur le projet Cigéo, le conseil d'administration de l'Andra l'avait alors définie de manière nette comme la *« capacité à retirer des colis de déchets d'une installation de stockage en couche géologique profonde »*. En 2016, la récupérabilité fut ensuite formalisée dans un dossier d'options techniques de récupérabilité de 108 pages³ soumis au contrôle de l'ASN. En janvier 2021, l'ANDRA a enfin publié un document de 36 pages très complet, plus pédagogique, consacré à la récupérabilité des colis⁴.

Pour permettre leur récupération, les colis doivent être standardisés et robustes. (Par robustesse, on entend la capacité du colis à garder ses fonctions confinantes malgré le temps et les manipulations qu'il peut subir.) La

¹ Citation, [Assemblée nationale ~ Première séance du lundi 11 juillet 2016](#)

² Citation, [Nucléaire: feu vert du Sénat au projet Cigéo d'enfouissement de déchets radioactifs | Connaissances des énergies](#)

³ Dossier d'options techniques de récupérabilité, [Microsoft Word - 2016-02-16-Cigéo-DORec-Version 3.01](#)

⁴ Cette définition a été proposée par l'Andra suite au débat public sur le projet Cigéo de 2013, [La récupérabilité des colis de déchets stockés dans Cigéo.pdf](#)

récupérabilité d'un colis nécessite en outre qu'y soit ménagé un espace de préhension suffisant à son maniement, de quelque quartier ou alvéole qu'il soit retiré. En outre, l'argile, étant très confinante, a tendance à comprimer les alvéoles, de sorte qu'ils doivent être conçus pour être suffisamment robustes et pour garantir la récupérabilité pendant toute la durée d'exploitation ; ils doivent ainsi tenir plus de 100 ans.

Enfin, le bon état des mécanismes de roulement et des robots, à l'intérieur des quartiers de stockage et des alvéoles, constitue un dernier élément nécessaire à la récupérabilité, car le processus industriel sera téléopéré. Ainsi, l'enveloppe des colis étant appelée à s'oxyder, cela rendra difficile leur récupération. Mais des robots pourraient nettoyer au préalable l'oxydation des colis, comme cela a pu être exposé à une délégation de l'Office, au cours d'une visite de l'installation souterraine le lundi 2 mars 2026.

b. Sûreté et récupérabilité, deux principes à mettre en balance

Dans l'examen du dossier d'options de sûreté qu'il avait conduit en 2017, l'IRSN précisait que la récupérabilité devrait s'étendre sur toute la période d'exploitation, soit une centaine d'années, mais que la fermeture du site y mettrait fin¹. Il n'est en effet possible d'atteindre l'optimum de la sûreté passive qu'après fermeture définitive du site. Jusque-là, il faut garantir la sûreté de manière active : surveillance, maintenance, contrôles, interventions, etc. En pratique, le site sera fermé de manière progressive, même si la fermeture définitive au sens juridique du terme ne pourra résulter que d'une loi. À chaque étape qui le rapprochera d'un fonctionnement passif, il deviendra en tout cas plus difficile de récupérer les colis stockés en son sein². Les interventions robotisées prendront certes de plus en plus le pas sur les interventions humaines, mais celles-ci ne disparaîtront pas tout à fait.

La récupérabilité ne fera donc pas seulement face au défi de coûts de plus en plus élevés et de complexité croissante des opérations robotisées. Sa mise en œuvre continuera de faire courir un risque d'incidents liés à la manutention, tels qu'une chute ou des dommages infligés aux colis, ou pire encore d'accidents industriels, tels des incendies ou des explosions. Dans ce contexte, et en plaçant la sûreté au centre des préoccupations, il paraît nécessaire d'établir un équilibre entre le confinement optimal des colis et leur récupérabilité.

M. Jean-Paul Minon, membre de la CNE2, a notamment souligné devant l'Office, au cours de l'audition du 4 décembre 2025 relative au rapport de cette commission sur la demande d'autorisation de création de Cigéo :

« 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

¹ IRSN, tome 2, page 100, paragraphe 7.2.4.1, [RAPPORT IRSN N° 2017-00013 - Projet de stockage Cigéo - Examen du Dossier d'Options de Sûreté - TOME 2](#)

² Andra, page 17, [La récupérabilité des colis de déchets stockés dans Cigéo.pdf](#)

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. »

Sans doute est-ce du reste l'interprétation à retenir d'une brochure d'information de l'Andra, dans un passage où elle rappelle que la récupérabilité inscrite dans la loi n'est pas un objectif en soi et que *« la mise en œuvre de la récupérabilité doit donc avoir un but, une finalité qui procure un avantage par rapport à la décision initiale de stocker, y compris en termes de sûreté »*¹. À certains, ces considérations paraîtront contraires à l'esprit de la loi, ce qui n'est pas sans poser problème.

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), organisation intergouvernementale spécialisée de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), arrivait déjà à des conclusions similaires il y a une quinzaine d'années². Sous son égide, une conférence internationale s'est tenue sur le sujet en décembre 2010. Les actes de la conférence rassemblent le contenu des 50 contributions venues de tous les pays. La réversibilité et la récupérabilité y sont présentées comme un processus devant répondre aussi bien à des obligations éthiques qu'au principe de précaution, sans compromettre la sécurité.

Comme l'écrit l'ASNR dans son avis sur Cigéo, *« après la délivrance du décret d'autorisation de création, le jalon réglementaire suivant prévu par la loi est la mise en service de l'installation, limitée à la phase industrielle pilote, prévue à l'horizon 2050 ; il convient par conséquent de définir des jalons intermédiaires préalablement à ce premier rendez-vous législatif. »*

Elle note également que *« l'Andra devra transmettre une mise à jour de la version préliminaire du rapport de la sûreté de l'installation au plus tard dix ans après la publication du décret d'autorisation de création. Cette mise à jour devra intégrer les éléments identifiés au cours de l'instruction relevant de cette échéance, ainsi que les avancées et le programme d'études associés à ceux relevant d'une échéance ultérieure. »*

À l'horizon 2040, à la suite de la mise à jour du rapport de sûreté et à partir des observations menées dans l'installation elle-même, l'Office pourrait réaliser une nouvelle évaluation du projet, en supplément de l'évaluation postérieure des résultats de la phase industrielle pilote prévue à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement. Cette nouvelle évaluation devrait apprécier, avant l'ouverture de la phase industrielle pilote, les modalités de mise en œuvre concrète de la réversibilité, dans le respect de la sûreté des installations et du personnel qui y travaille.

¹ Andra, page 11, [La récupérabilité des colis de déchets stockés dans Cigéo.pdf](#)

² NEA, page 15, [Nuclear Energy Agency \(NEA\) - Reversibility and Retrievability in Planning for Geological Disposal of Radioactive Waste](#)

B. LA PHASE D'EXPLOITATION, PHASE CRITIQUE DU PROJET

L'appréhension que peut susciter Cigéo naît également d'un sentiment d'écrasement devant la très longue durée de vie des déchets radioactifs qu'il renfermera. Une bande dessinée parue en 2020, très critique du projet et largement diffusée, s'appuie sur cette réalité dès la couverture, en s'intitulant *Cent mille ans*.

Les témoignages recueillis au cours des auditions, les avis des experts et l'étude de la documentation inclinent pourtant à envisager sur une autre période le danger principal. De l'avis général, c'est en effet la phase d'exploitation qui paraît constituer la phase critique du projet. Les délais restent hors du commun, puisque cette durée d'exploitation pourrait atteindre 150 ans, alors que le stockage du premier colis est annoncé pour 2050.

Du point de la vue de la technique d'ingénierie, Cigéo pose effectivement un double défi, puisqu'il s'agit à la fois d'une installation nucléaire de base (INB), où la présence de radioactivité impose ses contraintes, et d'une installation souterraine, où l'environnement soulève d'autres questions spécifiques du point de vue de la sûreté. L'ASN et l'IRSN y ont accordé jusqu'au 31 décembre 2024 tout autant d'attention que l'ASNR issue de la fusion de ces deux entités à partir du 1^{er} janvier 2025.

1. Les enjeux de la phase d'exploitation

Parmi les sujets que l'Andra doit encore traiter, l'expertise de sûreté nucléaire a identifié des points importants, notamment l'avis IRSN n° 2024-00167 du 29 novembre 2024 relatif à l'évaluation de la sûreté en exploitation et l'avis de l'ASNR du 6 juin 2025. Bien que celui-ci porte davantage sur la sûreté post-fermeture, la direction de la recherche et de l'expertise en environnement de l'ASNR y « *confirme que la phase industrielle pilote est désormais indispensable pour compléter et consolider la démonstration de sûreté* ».

Avant toute chose, il convient de relever que chacun des deux avis emploie les mêmes termes pour délivrer un satisfecit d'ensemble à l'Andra. Dans le premier, « *l'IRSN estime que la démonstration de la maîtrise des risques pendant la phase d'exploitation de Cigéo a atteint le niveau de maturité requis au stade d'un DDAC pour la plupart de ses composantes* ». En conclusion générale du second, l'ASNR « *souligne les avancées notables depuis le dossier d'options de sûreté (DOS) de la démonstration de sûreté de Cigéo, tant dans la constitution du socle de connaissances qui la fonde, que dans son évaluation en phase d'exploitation et après fermeture. La direction de la recherche et de l'expertise en environnement estime ainsi que cette démonstration a atteint le niveau de maturité requis à ce stade pour la plupart de ses composantes* ».

L'expertise de sûreté nucléaire recense cependant des points d'attention. Les cinq principaux sont : les risques d'incendie pour les colis bitumés (*voir plus bas*) ; la corrosion des composants métalliques des alvéoles HA ; l'optimisation du

stockage ; le risque de criticité, c'est-à-dire le déclenchement non contrôlé d'une réaction de fission nucléaire, pour les combustibles usés ; les risques d'explosion dans les alvéoles MA-VL. Ce dernier point s'explique par le fait que, sous l'effet du rayonnement ionisant, la matière contenue dans certains colis de déchets MA-VL va se décomposer. Cette radiolyse va dégager des gaz, principalement de l'hydrogène. Pour cette raison, l'Andra a prévu de ventiler les alvéoles MA-VL de façon à éviter que l'atmosphère ne devienne explosive. Dans son avis, l'IRSN considère toutefois *« que ces premiers éléments ne permettent pas de s'assurer de la maîtrise des risques d'explosion lors des opérations de fermeture et après fermeture des alvéoles MA-VL. Ils devront donc être complétés. »* Il convient de noter que la corrosion des composants métalliques des alvéoles HA, en milieu anoxique, conduira aussi à un dégagement d'hydrogène, donc à un risque explosif. C'est la raison pour laquelle la CNE2 recommande également de *« poursuivre les études sur la production d'hydrogène dans les alvéoles HA en conditions d'exploitation en vue d'optimiser la maîtrise du risque de formation d'une atmosphère explosive. »*

Dans le décret d'autorisation, cinq points devront faire l'objet d'une attention particulière puisqu'ils devront être impérativement traités avant la mise en service du site : les risques d'incendie pour les colis bitumés ; la corrosion des composants métalliques des alvéoles HA ; l'optimisation du stockage ; le risque de criticité ; les risques d'explosion dans les alvéoles MA-VL.

Comme le relève l'ASNR dans son avis sur Cigéo, l'Andra s'est en outre engagée à intégrer, lors de la prochaine mise à jour de la version préliminaire du rapport de sûreté, *« l'étude d'une situation d'abandon du stockage pendant son fonctionnement, reposant sur l'identification, le cas échéant, des enseignements notamment en ce qui concerne les modalités d'une éventuelle fermeture préventive anticipée du stockage, permettant de limiter les conséquences de telles situations sur la sûreté à long terme. »*

2. Les colis bitumés, point de vigilance du risque incendie

Le fait que Cigéo soit une installation souterraine fait naître des enjeux de sûreté nucléaire particuliers. Chacun a en tête le souvenir de telle ou telle catastrophe minière qui a frappé les bassins charbonniers de l'Europe occidentale au XX^e siècle ou peut frapper d'autres pays encore aujourd'hui. Le milieu souterrain, notamment lorsqu'il prend la forme de galeries, soulève effectivement des questions spécifiques en lien avec la ventilation, le confinement et surtout le risque incendie et l'accessibilité.

Les déchets les plus dangereux sont généralement vitrifiés. L'entreprise Orano (ex-Areva) a développé un véritable savoir-faire dans la production d'une obsidienne de synthèse capable d'emprisonner les radionucléides issus du retraitement. Mais le bitume a aussi longtemps été utilisé, notamment par le CEA. Il constitue en effet une bonne matrice, également très stable. Celle-ci présente

cependant l'inconvénient d'être inflammable. Selon l'Andra, cela ne posera pas de problème une fois le centre de stockage fermé, c'est-à-dire dans la phase post-fermeture, puisqu'il n'y aura plus alors sur le site d'oxygène rendant possible la propagation d'un feu, point sur lequel il convient de poursuivre les études. Il en va différemment de la phase d'exploitation.

Il y a aujourd'hui un stock de 70 000 colis bitumés, ce qui représente environ 18 % de l'inventaire. On en produit encore 70 par an environ. Il faut également relever que certains colis bitumés, étant de faible activité, ne sont pas destinés au stockage dans Cigéo. La plupart des colis bitumés sont actuellement entreposés sur des sites d'Orano, souvent depuis plusieurs dizaines d'années. Lors de son audition du 28 avril 2026, M. Jean-Michel Romary, directeur chez Orano, chargé du démantèlement et des déchets, a signalé que son entreprise n'avait jamais connu d'incendie sur ces installations au cours de cette période déjà relativement longue.

Il reste à apporter une démonstration de sûreté complète en ce qui les concerne. Un programme de démonstration est en cours, dont la fin est prévue en 2029.

Les colis bitumés constituent un cas d'école des difficultés que pose le double défi d'une installation nucléaire souterraine. Le confinement de la radioactivité plaide en effet pour une ventilation dirigée vers l'intérieur, alors que la prévention des incendies plaide en sens inverse. Ce ne sont du reste pas les seules exigences contradictoires qui pèsent sur Cigéo, puisqu'il conviendra aussi de mettre en balance celles de la sécurité et celles de la sûreté. Si, par exemple, la bonne évacuation en cas d'incendie plaide en faveur de portes de secours s'ouvrant automatiquement, cela paraît cependant risqué au regard de la prévention des intrusions. Aussi est-il indispensable que les choix techniques fassent l'objet d'une vigilance toute particulière.

3. Hydrogène et criticité : des sujets à approfondir pointés par l'ASNR

Pour ce qui est du risque de criticité, il apparaît très faible selon la démonstration de sûreté de l'Andra, du fait de la nature des colis. Bien que certains présentent une haute activité, ils sont constitués de déchets dont la densité ne serait pas suffisante pour atteindre le seuil de criticité, fussent-ils regroupés au même endroit. Cependant, dans son avis du 25 novembre 2025, l'ASNR estime à ce sujet que *« des efforts significatifs restent attendus pour démontrer de manière robuste l'exclusion du risque de criticité à long terme pour les combustibles usés de l'inventaire de réserve »*.

Il existe aussi un risque d'explosion lié au dégagement d'hydrogène. L'hydrogène proviendrait soit de la radiolyse, c'est-à-dire la décomposition des matériaux du fait des rayonnements ionisants, soit de la dégradation chimique des composants du stockage par corrosion. La maîtrise des risques associée consiste à limiter la production de gaz inflammables et à maîtriser la concentration en

oxygène dans les alvéoles. Les études réalisées par l'Andra à ce sujet doivent être poursuivies afin de compléter la démonstration de sûreté de la maîtrise du risque « explosion », comme demandé par l'avis du 25 novembre 2025 de l'ASNR.

C. LA PHASE POSTÉRIEURE À LA FERMETURE, OBJET D'UNE CONTRE-EXPERTISE RIGOUREUSE

Après sa fermeture, tandis que les déchets resteront toujours présents en profondeur, Cigéo ne sera plus visible depuis la surface et pourrait sombrer dans l'oubli. Adoptant l'approche la plus conservatrice possible, la communauté internationale estime que ce risque pourrait survenir dès que 500 ans se seront écoulés après la fermeture du site. Tout en étant conscient de la faible probabilité d'occurrence d'une telle situation, il ne faut pas l'exclure.

L'Andra a proposé en conséquence différents scénarios d'évolution du stockage. Outre le scénario d'évolution normale modélisant le transfert des radionucléides dans les différentes couches géologiques, elle a imaginé des scénarios d'intrusion humaine involontaire. Sur ces scénarios d'évolution après fermeture, le CLIS de Bure a commandité une contre-expertise d'un scientifique allemand¹, M. Matthias Niemeyer, titulaire d'un doctorat de chimie et spécialiste des questions nucléaires. Son analyse porte particulièrement sur les hypothèses d'intrusion humaine involontaire.

Dans l'ensemble, M. Niemeyer salue la plausibilité et l'exhaustivité des scénarios présentés par l'Andra. Il met toutefois en garde contre ce qu'il considère être des minoration de risques et des incohérences dans certaines projections de l'Andra.

1. Scénarios d'intrusion humaine involontaire

Il faut d'abord souligner que son rapport initial avait été établi, en accord avec le CLIS, de manière tout à fait indépendante de l'Andra. Il formulait 179 questions. Après la présentation du rapport de M. Niemeyer au CLIS, en présence des responsables de l'Andra, et notamment de M. Patrice Torres, ces échanges ont pu avoir lieu, pendant plusieurs mois. Des 179 interrogations initiales, seules 4 n'ont pas reçu de réponse satisfaisante au point de vue de l'expert. Celui-ci a présenté aux rapporteurs une synthèse de son travail.

Les scénarios prévus par l'Andra partent du principe qu'une intrusion humaine involontaire n'est pas à exclure au cours des prochains millénaires. Ils incluent entre autres la possibilité de forages exploratoires dans le sous-sol ou encore un risque de pompage dans les aquifères proches du stockage.

¹ Sur le site du CLIS : <https://clis-bure.fr/wp-content/uploads/2026/06/Analyse-des-scenarios-IHI-FR-final.pdf>

Dans l'hypothèse d'un carottage faisant remonter une portion de colis à la surface, M. Niemeyer souligne que certaines voies de propagation des radionucléides n'ont pas été prises en compte dans les hypothèses de l'Andra. Ainsi, même si l'Andra a bien prévu que les employés de la compagnie de forage pourraient manipuler, y compris sans gants, les substances prélevées, elle n'a pas tenu compte des poussières radioactives produites par ces opérations manuelles, alors même que les photos prises par l'Andra lors de ses expériences en laboratoire montrent les employés témoins de cette compagnie fictive dans des combinaisons qui présentent de fortes traces de saleté. Il en déduit qu'en pareil cas, ces employés vont forcément inhaler des poussières radioactives, ce que l'Andra n'a pas pris en compte. Leur exposition au risque radiologique s'en trouve démultipliée.

2. Scénario d'évolution normale

M. Niemeyer s'est également penché sur le scénario d'évolution normale développé par l'Andra et caractérisé par le transfert des radionucléides dans l'espace, au fil du temps.

Son étude met en avant les différences flagrantes des coefficients de conversion dans la biosphère des radionucléides par rapport à ceux retenus par deux pays frontaliers : la Suisse et l'Allemagne (facteur 8 de différence). En prenant les valeurs retenues en Allemagne et en Suisse, le scénario d'évolution normale pourrait provoquer un danger pour la population sur le très long terme. En particulier, l'Andra ne prend pour ainsi dire pas en compte le canal de l'alimentation comme voie de transmission de la radioactivité dans la population humaine ; elle préfère se concentrer sur l'eau, sans toutefois en tirer toutes les conséquences. Elle part certes de l'hypothèse que, du fait du réchauffement climatique, le climat de la Meuse et l'agriculture qui y est pratiquée auront sans doute basculé vers le type méditerranéen. Mais elle ne va pas jusqu'à imaginer une irrigation ou un arrosage des pâturages où paissent les animaux d'élevage. Sous cette dernière hypothèse, le transfert de radionucléides vers la population humaine à travers la consommation de lait et de viande exposerait celle-ci à un risque élevé, d'autant plus si les coefficients suisses et allemands sont appliqués.

En Suisse, les coefficients de conversion des radionucléides dans la biosphère ont fait l'objet d'une revue internationale par des experts, ce qui donne aux valeurs retenues une certaine robustesse scientifique et peut les établir comme données de référence. M. Niemeyer a vivement recommandé d'établir que les coefficients qui seront retenus en France fassent l'objet d'une revue similaire. Il a laissé aux rapporteurs un exemplaire de la « Base de calcul pour l'estimation de la

dose lors du stockage définitif des déchets hautement radioactifs » établie par l'Office fédéral allemand qui est l'équivalent de l'ASNR¹.

3. Une contre-expertise riche d'enseignement

Les rapporteurs ont interrogé M. Niemeyer sur la portée de son analyse au regard des enjeux généraux de sûreté de la DAC. Avec une profonde rigueur scientifique et un sens des proportions non moins grand, il a estimé que ces éléments n'ont qu'une importance secondaire (*zweitrangig*) dans le tableau d'ensemble. De l'avis des rapporteurs, il convient aussi de les apprécier au vu des marges et majorations prises ailleurs et justifiées dans les modélisations de l'Andra.

Aux yeux de M. Niemeyer, ces résultats sont néanmoins riches d'enseignement sur la manière dont les instances compétentes contrôlent l'avancement du projet : sans remettre en cause toutes les modélisations de l'Andra, on pourrait se demander si elle n'aurait pas utilisé des mesures optimistes dans d'autres paramètres de ses modèles. Plus encore, s'agissant des coefficients de conversion dans la biosphère, ce processus de vérification fait apparaître que l'ASNR n'aurait pas développé de modèles propres de développement de la faune et de la flore, alors qu'une telle modélisation aurait seule été capable de mettre véritablement à l'épreuve les scénarios de l'Andra.

Cette contre-expertise viendrait donc tout de même souligner certaines faiblesses potentielles du contrôle de sûreté de Cigéo par l'ASNR. L'Andra ayant constitué seule son dossier, la question de la relecture par la communauté internationale de certaines dispositions pourrait se poser.

S'il est vrai que l'ASNR avait réuni en 2016 un groupe d'experts internationaux pour étudier les dispositions envisagées pour Cigéo, cela n'a pas eu de prolongement dans le temps. Cependant, le cumul des conservatismes pourrait expliquer de ne pas en ajouter à outrance sur certains paramètres. La loi² prévoit en outre que « *l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection peut prendre des décisions réglementaires à caractère technique pour compléter les modalités d'application des décrets et arrêtés pris dans ses domaines de compétence* ». Ainsi, éclairée ou non par l'avis d'experts internationaux, l'ASNR est la seule entité juridique disposant en France du pouvoir réglementaire pour fixer les normes applicables dans les calculs prévisionnels, tout comme l'est l'office fédéral équivalent en Allemagne.

Dans son avis sur Cigéo, la CNE2 « recommande que les conservatismes soient réévalués lors de l'instruction des évaluations futures du stockage à la lumière de la progression des connaissances ». En effet, elle

¹ Le document peut être consulté à l'adresse suivante :
https://www.base.bund.de/shareddocs/ip6/base/de/20221220_Begru-Dosisabschaetzung.pdf?blob=publicationFile&v=1

² Article L. 592-20 du code de l'environnement

« observe que les incertitudes sont abordées dans le dossier indépendamment paramètre par paramètre. À l'appui de la future mise en service, la Commission recommande de poursuivre les études en utilisant des méthodes de traitement multiparamétriques (de type Monte Carlo) » (l'algorithme de Monte Carlo utilise des simulations aléatoires pour résoudre des problèmes complexes impliquant un grand nombre de variables).

D. LA COMMUNICATION AVEC LES GÉNÉRATIONS FUTURES

Les scénarios d'intrusion involontaire dans le centre de stockage précédemment étudiés reposent en fait tous sur l'hypothèse d'une « rupture civilisationnelle », c'est-à-dire de bouleversements si profonds que l'existence même des installations aurait disparu des mémoires et que les signes laissés pour transmettre une « mémoire du site » auraient été détruits ou seraient devenus incompréhensibles.

Ces dispositifs mémoriels ont déjà fait et feront encore l'objet d'échanges avec le public et les parties prenantes dans le cadre de la gouvernance du centre de stockage. Il reviendra ensuite à l'État, dans le cadre du Plan de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR), d'en prescrire le contenu, comme le rappelle le « plan de démantèlement, de fermeture et de surveillance » qui constitue la pièce n° 13 du dossier de DAC (en particulier, ses pages 65 à 71).

1. L'indispensable éclairage des sciences humaines et sociales

Comme l'a expliqué aux rapporteurs M. Yves Géraud, de l'université de Lorraine, la géologie, qui s'intéresse au passé de la planète, peut néanmoins servir à des prévisions raisonnées sur le comportement futur de la roche argileuse. Au cours de son audition par les rapporteurs, il s'était obligeamment prêté à cet exercice de géologie prospective.

L'assyriologie est quant à elle une discipline qui appartient aux sciences humaines. Elle s'emploie à considérer des inscriptions antiques dans leur environnement archéologique, le contexte de découverte étant parfois seul à même d'en livrer le sens. Ce domaine de recherche présente l'avantage d'offrir un recul temporel bien supérieur à l'épigraphie latine ou grecque, puisque les premiers textes sumériens furent écrits plus de 3 000 ans avant notre ère, même si ce laps de temps peut sembler bien court quand on le met en parallèle avec le million d'années mis en perspective par Cigéo.

La réflexion doit en fait porter sur trois aspects différents de la transmission. D'abord, il s'agit de s'interroger sur le support physique du message ; sur ce plan, les développements techniques de la civilisation contemporaine offrent sans doute plus de possibilités que ceux de l'Antiquité, mais il convient précisément de choisir judicieusement entre elles, du papier permanent au disque saphir en passant par la céramique industrielle... Ensuite, la nature du message est cruciale : dans quelle(s) langue(s) faut-il l'écrire ? Ne faut-il

pas préférer des dessins, par exemple des pictogrammes ? Enfin, l'on ne saurait faire l'économie d'une réflexion sur les relais nécessaires à la production et au décodage du message, ce qui pose la question de l'environnement social et des institutions humaines indispensables à la conservation de la mémoire et à la transmission du savoir sur une très longue durée.

2. Les enseignements des civilisations anciennes

Si les spécialistes de la civilisation mésopotamienne parviennent aujourd'hui à déchiffrer des tablettes sumériennes, que nous apprend la science de ces inscriptions sur les conditions qui rendent possible semblable déchiffrement à cinq mille ans de distance ? Les rapporteurs remercient le professeur Dominique Charpin, professeur de civilisation mésopotamienne au Collège de France, d'avoir bien voulu répondre à cette demande. Il a publié de nombreux livres, dont *Lire et écrire à Babylone*, aux Presses universitaires de France, en 2008. Il y traite notamment des messages adressés à la postérité qui étaient enfouis par les rois dans les fondations des bâtiments qu'ils édifiaient.

Il a d'abord souligné que la chaîne de transmission constitue à ses yeux l'élément crucial. Le dernier scribe qui maîtrisait le cunéiforme est mort au début de notre ère, les dernières tablettes datant de 70 environ. Or cette écriture était en usage depuis 3200 avant notre ère. Malgré les tribulations de l'histoire, il faut donc conserver un certain optimisme sur la faculté de transmettre un message sur une très longue période. Même en partant du principe que la chaîne pourra se rompre un jour, il convient d'abord de préparer scrupuleusement la relève à chaque génération, précisément pour éviter cette rupture.

Quant au support, il est difficile de faire mieux que l'argile, qui est du reste présente en abondance dans la région de Bure. L'argile offre d'abord un avantage par rapport aux métaux précieux et à la pierre. Ceux-ci sont en effet souvent recherchés pour leur valeur matérielle : les plaques en or sont généralement refondues, et nombre de stèles finissent par servir de pierres meulières... Ce n'est pas le moindre paradoxe à retenir de l'assyriologie que les inscriptions solennelles ont pour ainsi dire toutes disparu, ne laissant plus subsister que les messages échangés dans la vie courante.

Depuis les années 1980, les bonnes pratiques archéologiques mettent l'accent sur la réversibilité nécessaire de toute intervention postérieure à la découverte de tablettes. Cela pose des difficultés quand celles-ci sont conservées sous un climat humide comme celui de Londres, peu favorable à la préservation de longue durée de tablettes non cuites.

Comme en parallèle, une quarantaine d'années après la consécration de la réversibilité, sa mise en œuvre paraît se heurter, dans le domaine de l'archéologie comme dans celui du stockage géologique des déchets nucléaires, au défi de sa faisabilité.

CONCLUSION

Une délégation de l'Office s'est rendue dans le laboratoire souterrain de Bure le 2 mars 2026. Sur place, elle a pu se rendre compte du sérieux avec lequel l'Andra a engagé et conduit les travaux préparatoires à une éventuelle autorisation de création de ce qui serait la première installation nucléaire de base souterraine sur notre territoire.

La présente évaluation porte exclusivement sur la demande d'autorisation de création de Cigéo. Si celle-ci est accordée, une nouvelle décision réglementaire devra autoriser la mise en service de l'installation, permettant l'ouverture de la phase industrielle pilote, à l'horizon 2050. Le transport des déchets HA et MA-VL n'entre pas *stricto sensu* dans le champ de la DAC. Il constitue un sujet à part entière.

Les choix d'aujourd'hui orientent déjà les décisions de demain. Les rapporteurs ont mis en évidence des points de vigilance qui devront être traités après une éventuelle autorisation de création et préalablement à une autorisation de mise en service. Sans surprise, les préconisations avancées s'inscrivent pour la plupart dans le droit fil de l'avis de l'ASNR et du rapport de la CNE2 sur Cigéo. L'une d'entre elles propose un prochain réexamen de la situation par l'Office, après la mise à jour par l'Andra du rapport préliminaire de sûreté, soit dans une dizaine d'années.

RECOMMANDATIONS

1. **Conduire un programme d'études visant à consolider l'inventaire en substances toxiques chimiques à considérer pour l'étude d'impact de Cigéo, conformément à l'avis de l'ASNR sur Cigéo.**
2. **Mener des recherches complémentaires concernant la couche d'argile, élément central du dispositif de sûreté de Cigéo, s'agissant notamment de certaines caractéristiques hydrogéologiques des couches marneuses de la série grise, de l'Oxfordien calcaire et du COx, conformément à l'avis de l'ASNR selon laquelle, sur ce point, « l'instruction technique du dossier a permis de mettre en lumière plusieurs aspects devant être complétés ou développés ».**
3. **Intégrer, lors de la prochaine mise à jour de la version préliminaire du rapport de sûreté, l'étude d'une situation d'abandon du stockage pendant son fonctionnement. En particulier, elle devra identifier les conséquences sur la sûreté de long terme d'une éventuelle fermeture préventive anticipée du stockage et en tirer des enseignements pour en limiter les effets.**
4. **Inscrire dans le décret d'autorisation des dispositions spécifiques pour assurer le traitement impératif avant la mise en service de cinq points de sûreté essentiels : risques d'incendie pour les colis bitumés ; la corrosion des composants métalliques de l'alvéole HA ; l'optimisation du stockage ; le risque de criticité, c'est-à-dire le déclenchement non contrôlé d'une réaction de fission nucléaire, pour les combustibles usés ; les risques d'explosion dans les alvéoles MA-VL.**
5. **Lors de l'instruction des évaluations futures du stockage, réévaluer les conservatismes à la lumière de la progression des connaissances et poursuivre les études en utilisant des méthodes de traitement multiparamétriques.**
6. **À l'horizon 2040, à la suite de la mise à jour du rapport de sûreté et à partir des observations menées dans l'installation elle-même, prévoir une évaluation de l'Office avant l'ouverture de la phase industrielle pilote pour apprécier les modalités de mise en œuvre concrète de la réversibilité, dans le respect de la sûreté des installations et du personnel qui y travaille.**
7. **Inclure dans le coût de référence de Cigéo une marge de précaution visant à prendre en compte des évolutions plausibles de certains coûts pour les phases de construction, d'exploitation, de surveillance et de fermeture du centre de stockage.**

EXAMEN DU RAPPORT PAR L'OFFICE (18 JUIN 2026)

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. Mes chers collègues, je vous souhaite la bienvenue pour cette nouvelle réunion de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), dont le premier temps est consacré à l'examen du rapport d'évaluation de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo, le projet de centre de stockage en couche géologique profonde des déchets radioactifs à haute activité. Le rapport va être présenté par Maxime Amblard et Daniel Salmon.

Ce travail d'investigation approfondi est prévu par la loi. Il fait suite à deux auditions que l'Office a organisées le 4 décembre 2025 : celle de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR), à propos de l'avis qu'elle a rendu sur la DAC, et celle de la Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs (CNE2), à propos du rapport qu'elle a produit sur le même sujet.

Ce travail a donné lieu à un déplacement des corapporteurs – auxquels s'étaient joints une partie des membres de l'Office – au Laboratoire souterrain de Bure, dans la Meuse. Il nous a permis d'avoir une vision assez complète des lieux d'implantation de Cigéo, le projet lui-même en étant au stade de la demande de création.

M. Maxime Amblard, député, co-rapporteur. Le travail que Daniel Salmon et moi allons vous présenter porte sur les déchets nucléaires les plus radioactifs. Je tiens en préambule à vous préciser que j'ai travaillé chez Framatome avant d'être élu député et que mon contrat de travail dans cette entreprise du secteur nucléaire a été suspendu pour toute la durée de mon mandat. À ma connaissance, Framatome n'entretient d'ailleurs aucun lien direct avec le projet Cigéo et l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Par souci de transparence, l'existence de ce contrat est toutefois mentionnée dans le rapport.

Nous allons vous présenter les quatre grands chapitres de ce rapport qui constitue l'évaluation, prévue par la loi, du dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo, centre d'enfouissement géologique profond de déchets nucléaires de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL).

Le rapport est le fruit d'un travail d'investigation de plus de trois mois, qui a commencé début mars lorsque nous sommes allés visiter le laboratoire souterrain de Bure, accompagnés d'une délégation de l'Office. Ce même jour,

nous avons rencontré les membres du comité local d'information et de suivi (CLIS) de Bure, le préfet et le président du conseil départemental de la Meuse.

Les auditions se sont ensuite poursuivies à Paris au cours du printemps : nous avons entendu de nouveau les équipes de l'Andra, mais aussi les principaux producteurs de déchets (EDF et Orano), des représentants associatifs favorables ou opposés au projet, dont Michel Badré, responsable du groupe de suivi de Cigéo au sein du Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) et de nombreux experts parmi lesquels un expert indépendant mandaté par le CLIS de Bure.

Je vais tout d'abord rappeler quelques éléments de contexte.

Les matières radioactives sont utilisées dans de nombreux domaines. En France, elles servent principalement à produire de l'énergie dans le secteur électronucléaire. Tous les cinq ans, l'Andra dresse un inventaire des matières et déchets radioactifs présents sur le territoire national. Dans sa dernière édition, les déchets radioactifs représentaient environ 1 760 000 m³.

La répartition des déchets radioactifs par secteur économique à fin 2021 montre que 60 % d'entre eux proviennent de l'industrie électronucléaire (EDF et dans une moindre mesure Orano), le reste venant principalement de la recherche, notamment du CEA.

Certains proviennent de l'étranger, les producteurs situés hors de France ayant la possibilité de retraiter leurs combustibles usés à La Hague. La loi Bataille de 1991 pose toutefois une limite claire : ces déchets ne peuvent pas être stockés définitivement sur le territoire national.

Les déchets concernés représentent un danger en raison de leur radioactivité, phénomène physique par lequel des noyaux atomiques instables, dits radionucléides, se désintègrent spontanément en d'autres noyaux en émettant simultanément des particules de matière et de l'énergie. Cette radioactivité peut être caractérisée en observant la quantité de désintégrations par unité de temps. Il s'agit donc d'un taux, qui dépend non seulement de l'élément chimique en question (carbone, uranium, fer, césium, plutonium, etc.), mais aussi de chacun de ses isotopes, c'est-à-dire de ses variantes. Ces dernières se distinguent par le nombre de neutrons présents dans le noyau atomique, qui figure à côté du nom de l'élément chimique : on pense par exemple à l'uranium 233 ou 235, au plutonium 239 ou au thorium 232. Tous les isotopes des éléments éloignés de la « vallée de la stabilité », qui correspond en physique nucléaire à la forme isotopique stable de chaque élément, peuvent se désintégrer et émettre de la radioactivité. Exprimé en Becquerels par seconde (Bq/s), ce taux peut être utilisé pour mesurer l'activité d'un déchet radioactif.

L'activité d'un déchet est un indicateur utile, mais elle ne mesure pas sa nocivité pour les organismes vivants. Celle-ci dépend, sur le plan radiologique et non chimique, d'une part de la nature des particules émises au cours de la

désintégration (électrons, noyaux d'hélium, neutrons, photons), d'autre part de l'énergie que ces particules emportent, notamment sous forme cinétique. C'est cette énergie qui endommage la matière qu'elle rencontre, notamment les molécules des organismes vivants, jouant comme au billard avec les atomes qui les composent. Un même échantillon radioactif peut produire de nombreuses désintégrations par seconde, donc afficher une forte activité, tout en restant peu dangereux si les particules émises sont faiblement énergétiques ou interagissent peu avec la matière.

Pour mesurer la nocivité de la radioactivité pour les êtres vivants, on utilise une autre grandeur : l'équivalent de dose, exprimé en Sieverts. Cette grandeur physique correspond à l'énergie reçue par unité de masse biologique, pondérée par un facteur de dangerosité propre à chaque type de rayonnement. En d'autres termes, la typologie des déchets de l'Andra que vous voyez affichée à l'écran décrit davantage la nature intrinsèque d'un déchet que sa dangerosité réelle pour les organismes vivants.

Un deuxième paramètre essentiel pour caractériser les déchets est celui de la durée pendant laquelle ils restent radioactifs. Elle est mesurée par la demi-vie, grandeur caractéristique de chaque isotope, qui correspond au temps au bout duquel la radioactivité d'un échantillon diminue de moitié. Il s'agit d'un indicateur exponentiel : au bout de 2 demi-vies, la radioactivité est divisée par 4 et il faut 7 demi-vies pour la diviser par 128. La demi-vie pouvant être vue comme un indicateur du temps caractéristique de la décroissance de la dangerosité, elle est déterminante pour le choix des modalités de stockage des déchets radioactifs.

La plupart des catégories de déchets disposent déjà de filières de gestion. Les déchets à vie très courte, dont la décroissance radioactive est suffisamment rapide, sont gérés directement sur les sites de production par les producteurs eux-mêmes. Les déchets à vie plus longue, dont la demi-vie dépasse 100 jours, nécessitent des sites de stockage dédiés. Ainsi, les déchets de très faible activité sont acheminés vers le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) situé dans l'Aube et géré par l'Andra. Deux autres sites de l'Andra reçoivent les déchets de faible et moyenne activité à vie courte : le CSA (Centre de stockage de l'Aube) et, par le passé, le Centre de stockage de la Manche à La Hague.

Cependant, et c'est précisément ce qui constitue la racine de ce pour quoi nous sommes réunis aujourd'hui, tous les déchets ne disposent pas encore d'une filière de gestion complète : ceci concerne les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de haute activité (HA). Ces deux catégories de déchets ne représentent que 3 % du volume total, mais concentrent à elles seules 99 % de la radioactivité, d'où l'attention toute particulière qui leur est portée.

Les MA-VL sont principalement des déchets activés dans les réacteurs et des déchets de structure des combustibles nucléaires, c'est-à-dire qui composent les assemblages. Souvent compactés pour gagner en volume, ils sont entreposés

chez les producteurs eux-mêmes : c'est l'exemple de l'installation ICEDA d'EDF sur le site de la centrale du Bugey.

Les déchets de haute activité sont issus du combustible utilisé et représentent à eux seuls 97,2 % de la radioactivité totale. Ils proviennent de l'usine de retraitement d'Orano à La Hague, par où transitent l'ensemble des combustibles utilisés ; ils y sont entreposés après vitrification, sachant que plusieurs dizaines d'années leur sont alors nécessaires pour baisser en température.

Ce sont précisément ces déchets MA-VL et HA qui ont vocation à être stockés dans Cigéo. L'article L. 542-10-1 du code de l'environnement prévoit ainsi que « *les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur* » font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde. En plus des déchets déjà produits, Cigéo devra également recevoir les déchets équivalents qui seront produits pendant toute la durée d'exploitation du centre.

Des inventaires prospectifs ont été établis pour déterminer les quantités concernées. Cigéo est dimensionné pour recevoir l'ensemble des déchets répertoriés dans l'inventaire dit « de référence », qui regroupe d'une part les déchets déjà produits, lesquels constituent la moitié du total de l'inventaire, d'autre part les déchets que généreront les installations nucléaires de base en fonctionnement ou déjà autorisés en 2016 et ce jusqu'à la fermeture de Cigéo. Ceci représente un total de 10 000 m³ de HA et de 73 000 m³ de MA-VL, soit un volume global de 83 000 m³ de déchets, ce qui équivaut à une dizaine de fois la pyramide du Louvre.

M. Daniel Salmon, sénateur, co-rapporteur. Avant d'évoquer le long processus qui nous a conduits à évaluer la demande d'autorisation de création de Cigéo, je tiens à rappeler que le présent rapport a pour seul objet d'évaluer une avancée possible concernant l'aval du cycle nucléaire. Il ne s'agit pas pour nous de nous interroger sur le bien-fondé de la filière nucléaire en soi ; c'est un autre débat. Vous connaissez d'ailleurs mon opinion sur le sujet : je reste persuadé que le déchet le plus facile à stocker est celui que l'on ne produit pas.

Ceci étant dit, je souhaite tout d'abord indiquer que même si le stockage en couche géologique profonde s'est progressivement imposé comme la solution de référence pour apporter une réponse définitive à la question des déchets nucléaires HA et MA-VL produits en France, la loi de 1991 retenait initialement trois directions de recherche : la séparation-transmutation des éléments radioactifs à vie longue contenus dans ces déchets, l'entreposage de longue durée en surface ou subsurface et le stockage en formation géologique profonde.

Les deux premières solutions sont désormais écartées. Il y a plus de dix ans, l'IRSN indiquait déjà que « *la séparation-transmutation ne constitue pas une alternative au stockage géologique. En dépit de l'avancée des recherches qui se poursuivent aujourd'hui, il est vraisemblable que ces opérations ne seront pas*

réalisables à l'échelle industrielle dans un proche avenir, ni applicables aux déchets déjà produits ».

En ce qui concerne le conditionnement et l'entreposage de longue durée, l'IRSN indiquait de même que *« la sûreté d'un entreposage, quel qu'il soit, repose sur des actions de maintenance et de surveillance »*. Il concluait que *« compte tenu du fait qu'on ne peut pas garantir la vigilance perpétuelle de la société pour que ces actions soient réalisées, la sûreté de l'installation d'entreposage de longue durée ne peut être démontrée que sur une durée limitée »*. Nous entrons là dans le vif du sujet : les déchets HA et MA-VL emmènent dans des espaces temporels qui ne sont pas commensurables avec la durée des civilisations humaines.

Par élimination, il ne reste donc que la solution de l'enfouissement. En France, seule l'option de la roche argileuse a été expérimentée. Dans les années 1990, la solution granitique avait également été envisagée. Qu'elle n'ait fait l'objet d'aucune expérimentation sur notre territoire demeure l'une des promesses non tenues de ces années-là.

Sur le plan juridique, c'est la loi du 30 décembre 1991, dite loi Bataille, qui a posé les fondements du cadre actuel. Elle tirait son inspiration des travaux conduits par l'Office en 1990 et reprenait la quasi-totalité des dispositions qu'il préconisait. Elle fut ensuite complétée par la loi du 28 juin 2006 de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs, qui doit elle aussi beaucoup aux travaux de l'Office, et par la loi du 25 juillet 2016 précisant les modalités de création d'une installation de stockage réversible en couche géologique profonde des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue. C'est sur ces trois lois que repose le cadre juridique actuel.

Dans ce contexte, l'Office est amené à évaluer tous les cinq ans le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). Le Parlement sera également saisi en tant que législateur sur les suites du projet Cigéo, si sa création est autorisée. Le code de l'environnement prévoit en effet qu'à l'issue de la phase industrielle pilote, c'est-à-dire aux alentours de 2060, l'Office sera saisi des résultats de cette phase et devra les évaluer. Le gouvernement devra alors présenter un projet de loi adaptant les conditions d'exercice de la réversibilité du stockage et tenant compte, le cas échéant, des recommandations de l'Office. Une autre loi sera nécessaire pour autoriser la fermeture définitive du stockage, à l'horizon 2150.

Pour exercer notre fonction de vigie démocratique sur les sujets nucléaires, nous disposons des relais importants que sont la Commission nationale du débat public (CNDP), le HCTISN et les commissions locales d'information (CLI).

La CNDP a pour mission de garantir le droit à l'information et à la participation du public inscrit à l'article 7 de la Charte de l'environnement. Autorité indépendante, elle organise des consultations qui concourent à une

meilleure diffusion de l'information sur des projets ou des politiques publiques ayant un impact sur l'environnement.

Le HCTISN joue également un rôle important au niveau national. C'est une instance indépendante et pluraliste dans laquelle siègent l'ensemble des acteurs du monde nucléaire. Il a pour mission de garantir et de promouvoir la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire. Maxime Amblard et moi-même, en notre qualité de rapporteurs, en avons entendu plusieurs représentants, au premier chef Michel Badré, qui préside au sein du HCTISN le groupe de suivi de Cigéo.

Autour des installations nucléaires de base, des commissions locales d'information (CLI), chargées d'une mission générale de suivi, d'information et de concertation, permettent d'informer les citoyens. Elles sont composées de représentants de la société civile : élus, associations, etc. À Bar-le-Duc, nous sommes allés à la rencontre des membres du comité local d'information et de suivi (CLIS) de Bure, spécifique au laboratoire souterrain. Engagés parfois depuis très longtemps au sein de cette instance, ils disposent sans conteste d'une bonne connaissance des enjeux du dossier. Le CLIS de Bure n'est d'ailleurs pas qu'une instance de concertation. Disposant d'un petit budget, il a pu diligenter une expertise indépendante sur un point précis de la demande d'autorisation de création de Cigéo. Ce travail apporte un éclairage précieux sur l'évaluation du dossier de DAC conduite par l'ASNR, comme je vous l'expliquerai ultérieurement.

Ce dispositif peut parfois sembler lourd. Il permet néanmoins de s'assurer que les déchets nucléaires civils produits en France seront stockés comme il se doit et qu'ils échapperont définitivement au sort des déchets britanniques et, dans une moindre mesure, belges, qui furent coulés entre 1950 et 1963 dans la fosse des Casquets, à 15 km au nord-ouest du Cotentin.

Dans ce contexte, l'un de nos grands motifs de satisfaction est la qualité du dialogue entre le HCTISN et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI). L'ANCCLI participe en effet très activement aux travaux du Haut Comité. Elle s'est notamment investie dans les réflexions du groupe de travail dédié d'une part à la politique de l'ASNR en matière de transparence et de dialogue avec la société, d'autre part à la concertation autour du projet Cigéo.

Alors qu'elle était initialement envisagée à l'automne 2026, comme l'engagement en aurait été pris auprès des riverains, l'enquête publique relative à la DAC de Cigéo se déroule finalement en ce moment même, du 18 mai au 2 juillet 2026. Le calendrier de l'enquête se juxtapose ainsi à celui de la présente évaluation. Cette situation a conduit le président de l'Office et les rapporteurs à interroger la ministre déléguée chargée de l'énergie par une lettre du 31 mars 2026, afin de connaître les raisons de cette modification de calendrier.

Dans un communiqué du 10 avril 2026, le HCTISN a déclaré prendre « *acte avec regret de la décision gouvernementale d'avancer à mai 2026 l'enquête publique, sans consultation préalable des parties prenantes* ». Dans son avis n° 19, il a recommandé que la portée de l'enquête soit nationale et qu'elle dure au minimum deux à trois mois. En définitive, l'enquête publique ne courra que sur 45 jours ; c'est une durée certes supérieure au minimum légal de 30 jours, mais inférieure au minimum de deux mois préconisé par le HCTISN. Seule la période automnale apparaissait en vérité offrir la possibilité d'organiser une enquête publique de trois mois.

Quant à l'échelle retenue, l'enquête publique ne sera finalement conduite qu'au niveau local, là aussi à l'encontre des recommandations du HCTISN. Que deux webinaires ouverts à tout le territoire national soient prévus ne change rien au tableau d'ensemble.

Il faut rappeler que le code de l'environnement n'établit pas de lien entre l'enquête publique et l'évaluation parlementaire de Cigéo et que seuls l'avis de l'ASNR et les réponses qu'y apporte l'Andra sont nécessaires pour ouvrir l'enquête publique. Même si, compte tenu du calendrier finalement retenu, l'évaluation conduite par l'Office ne pourra pas porter la voix parlementaire dans le débat organisé par l'enquête publique, elle saura néanmoins alimenter utilement la réflexion du Conseil d'État quand il devra préciser les conditions d'exploitation de Cigéo lors de l'élaboration du décret autorisant la création de l'installation.

M. Maxime Amblard, député, co-rapporteur. Comme je l'ai exposé en préambule, il n'est pas possible d'envisager un stockage en surface ou à faible profondeur des déchets HA et MA-VL en raison de leur nocivité sur de très longues échelles de temps. Ils sont pour l'heure entreposés à La Hague dans des sites de surface, dans l'attente d'une solution définitive. Le projet Cigéo est la réponse technique à une obligation légale. Il a vocation à recevoir uniquement les déchets HA et MA-VL.

Comme pour toute installation nucléaire de base, la sûreté du futur centre de stockage devra être pleinement démontrée et garantie. Pendant des décennies de travaux, l'Andra a mûri les options au sein du laboratoire du Bure, en y menant des expérimentations scientifiques visant à caractériser la roche et à asseoir la démonstration de sûreté. Sur cette base, elle a transmis à l'ASNR une version préliminaire du rapport de sûreté pour évaluation dans le cadre de la DAC. L'Autorité a ensuite rendu un avis favorable à la poursuite du projet, qu'elle est venue présenter devant l'Office le 4 décembre 2025.

Cigéo repose sur un principe fondamental assez élémentaire qui veut que la sûreté soit assurée par la présence d'une roche argileuse tout autour de l'installation. Après la fermeture du site, c'est-à-dire au terme d'une centaine d'années de fonctionnement, la sûreté du dispositif sera donc assurée de manière totalement passive, sans action humaine ni surveillance renforcée.

La couche d'argile est l'élément central du dispositif. Les déchets seront stockés dans la roche argileuse du Callovo-Oxfordien (COx), à 500 mètres de profondeur. Cette couche géologique d'une centaine de mètres d'épaisseur s'étend entre la Meuse et la Haute-Marne. Elle présente des caractéristiques favorables au stockage des déchets radioactifs, à commencer par sa capacité à confiner les radionucléides. Sa structure est « auto-cicatrisante », pour reprendre le terme employé par Yves Géraud, géologue que nous avons entendu. Selon lui, cette particularité ne permet pas aux radionucléides de s'échapper de la roche, y compris sur des temps géologiques.

Malgré les propriétés favorables de la couche d'argile, certains radionucléides peuvent néanmoins y circuler et se diffuser dans les roches environnantes : c'est le cas du sélénium, du chlore et de l'iode. La radioprotection des populations et de l'environnement repose alors sur la compétition entre d'un côté la décroissance radioactive, qui diminue la nocivité des isotopes avec le temps, de l'autre la migration des radionucléides dans l'argile et les roches alentours. L'enjeu est donc de concevoir le stockage de manière à ce que ces éléments mettent suffisamment de temps à rejoindre la surface ou les eaux souterraines pour que leur concentration dans l'environnement de surface ou les eaux et la dose reçue par la population puissent être considérées comme négligeables.

Dans le cas de Cigéo, les modélisations de l'Andra quant à la compétition entre migration et décroissance radioactive font état d'une dose maximale pour l'adulte de $5,2 \times 10^{-4}$ mSv/an au pic de radioactivité, qui aura lieu dans 710 000 ans. Ceci reste très nettement en-deçà de la limite de dose réglementaire de 1 mSv/an et des milliers de fois inférieur à la dose de radioactivité naturelle moyenne en France, de l'ordre de 2,5 mSv/an. Dans son avis du 25 novembre 2025, l'ASNR conclut donc à la « *bonne capacité de confinement en après-fermeture* » et à une démarche de sûreté « *satisfaisante sur le plan des principes* ».

La démonstration de l'absence de conséquences environnementales et sur la santé humaine, la faune et la flore en surface est une condition absolue de la validité de ce mode de stockage.

À cet égard, l'avis de l'ASNR sur Cigéo retient que « *l'instruction technique du dossier a permis de mettre en lumière plusieurs aspects du dossier devant être complétés ou développés* », qui concernent notamment « *certaines caractéristiques hydrogéologiques des couches marneuses de la série grise, de l'Oxfordien calcaire et du COx* ». Nous avons repris cette recommandation à notre compte.

Une option de conception a fait couler beaucoup d'encre : le choix d'une descenderie oblique rectiligne pour acheminer les colis de déchets depuis la surface jusqu'aux galeries souterraines. Trois solutions s'offraient en réalité : un ascenseur, une descenderie oblique en spirale ou une descenderie oblique rectiligne.

Je remercie Daniel Salmon d'avoir auditionné Bernard Laponche, l'expert le plus critique sur le sujet, alors que j'étais empêché. Dans ses arguments, Monsieur Laponche soutenait notamment qu'un ascenseur ne peut jamais tomber en panne. L'Andra considère pour sa part depuis plus de vingt ans qu'il serait plus facile de prouver la sûreté d'une descenderie, car ceci doit se lire au regard d'une loi de la physique assez élémentaire, en l'occurrence la loi de la gravité. Dans une descenderie oblique avec une pente de 12 %, il est à tout moment possible d'affaler le wagon sur les rails du funiculaire pour arrêter une éventuelle chute. Sur cette base, la démonstration de sûreté amène à exclure l'hypothèse d'un colis s'écrasant au fond de la descenderie. On peut toutefois freiner la descente d'un ascenseur.

Dans le cas de la France, et contrairement à la Suède ou la Finlande, qui ont prévu d'utiliser un ascenseur, le choix de la descenderie est rendu possible par le volume réduit des colis. En France, en effet, les combustibles usés sont retraités, à la différence des deux pays cités, ce qui permet de réduire le volume des colis, donc de les manutentionner plus facilement et de les placer sur une descenderie oblique.

La descenderie oblique aurait pu être rectiligne ou en spirale. C'est la première option qui a été retenue. En effet, une descenderie en spirale imposerait de recourir à un engin automoteur alimenté par du carburant inflammable ou de l'électricité, avec à la clé un risque d'incendie. Dans le cas de la descenderie rectiligne, les moteurs du funiculaire sont positionnés à l'extérieur, en surface.

Tous ces éléments montrent que ce sont d'abord des considérations de sûreté qui ont prévalu dans le choix d'une descenderie oblique rectiligne, avant les considérations économiques. Ce choix implique la mise en place de deux sites de surface différents, l'un avec des puits de ventilation, au droit de la zone de stockage, et l'autre dédié au chargement des colis. D'un point de vue économique, la décision a été prise de mettre l'un des sites en Meuse et l'autre en Haute-Marne.

Je termine par quelques éléments financiers. Pour permettre aux producteurs de déchets de provisionner dès maintenant les coûts de la gestion future des déchets résultant de leur activité actuelle, le gouvernement a arrêté le coût total de Cigéo, études, construction et opérations comprises (le fait de prévoir simultanément les dépenses d'investissement et les dépenses d'exploitation constituant d'ailleurs une exception) à 37 milliards d'euros en 2026. Yves Marignac, porte-parole de Négawatt, nous a indiqué que le coût de Cigéo ne représentait au total que 1 à 2 % du coût actuel de production de l'électricité nucléaire. Ce chiffre est corroboré par la Cour des comptes, qui a calculé qu'un doublement du devis de Cigéo n'occasionnerait qu'une augmentation de 1 % du coût annuel de production du kWh d'électricité nucléaire. Il pourrait donc, au regard de cette analyse, être pertinent de provisionner davantage afin de parer à un éventuel surcoût du projet. C'est l'objet de notre septième recommandation. Lorsque l'on doit mener un projet stratégique de cette ampleur, il apparaît plus

satisfaisant de s'apercevoir que l'on a trop provisionné plutôt que pas assez. Le faible impact sur le coût de production invite à se permettre un peu de largesse.

J'en viens aux retombées financières pour les territoires concernés, à savoir le sud Meuse, dont je suis député, et le nord Haute-Marne. Cigéo doit être une véritable opportunité pour les habitants. Deux groupements d'intérêt public (GIP) ont été créés, l'un dans la Meuse, l'autre dans la Haute-Marne, dotés chacun de 30 millions d'euros par an pour préparer l'arrivée de Cigéo en construisant des infrastructures, en développant l'habitat pour les futurs travailleurs et en encourageant le développement de TPE et de PME locales appelées à travailler sur le chantier.

Comme nous l'a expliqué le président du conseil départemental de la Meuse, également président du GIP créé dans ce département, « *il s'agit moins d'une manne financière que d'une opportunité* » pour développer le territoire. Comme vous le savez, les départements ont désormais perdu toute compétence en matière économique au profit des grandes régions. Ceci donne d'autant plus d'importance à l'instrument financier que la Meuse et la Haute-Marne conservent ainsi, par exception, entre leurs mains.

Pour ce qui est de l'activité salariée, l'Andra prévoit 2 000 emplois pendant la phase de construction de Cigéo, puis 600 emplois permanents pendant la phase d'exploitation, même si la crainte demeure que ces emplois ne s'installent pas forcément en Meuse et en Haute-Marne mais plutôt dans les métropoles avoisinantes, notamment Nancy. Autoriser la création de l'installation créerait assurément des opportunités économiques et de développement industriel dans la région.

M. Daniel Salmon, sénateur, co-rapporteur. Je vais évoquer à présent quelques points de vigilance relatifs à la phase d'exploitation et à la réversibilité du stockage, ainsi que la contre-expertise commandée par le CLIS.

Vous comprenez que les décisions fondamentales ont déjà été prises en matière de choix du site et de conception des installations de Cigéo. D'autres points ne sont toutefois pas encore tranchés. Une réflexion a déjà eu lieu sur certains d'entre eux. Il convient de définir les termes dans lesquels se posent les problèmes encore ouverts et pour lesquels une clarification reste nécessaire.

Ainsi, le stockage des déchets ne saurait être que progressif. Les déchets qui doivent être stockés dans Cigéo sont répertoriés dans un inventaire de référence qui a servi de donnée d'entrée pour concevoir et dimensionner Cigéo tel que présenté dans le dossier de la DAC. Comme l'expliquait Maxime Amblard en préambule, cet inventaire répertorie quelque 83 000 m³ de déchets. Les installations souterraines qui font l'objet de l'enquête publique en cours sont prévues pour contenir les déchets inclus dans cet inventaire de référence. Un inventaire complémentaire, appelé inventaire de réserve, est également prévu. Il prend en compte plusieurs scénarios d'évolution des installations : arrêt du

recyclage des combustibles usés conduisant à une forte hausse du volume des déchets HA à stocker, stockage de déchets de faible activité-vie longue, notamment des déchets bitumés, construction de six nouveaux réacteurs ou encore prolongation de la durée de fonctionnement des réacteurs existants jusqu'à 60 ans. Dans le passé, l'ASN a exprimé son inquiétude sur ces incertitudes. Nous y donnons suite dans nos recommandations.

Cigéo n'est dimensionné que pour ce qui est déjà connu et acté. Certes, son adaptabilité à divers scénarios de politique énergétique est étudiée, mais la poursuite par la France d'une production électronucléaire à grande échelle et pour une durée significative posera la question d'un autre site d'enfouissement. D'un point de vue technique, l'un des paramètres limitants de l'extension des galeries réside dans la distance à la ventilation centrale. En tout état de cause, un éventuel décret d'autorisation ne saurait autoriser les quantités correspondant aux variables les plus incertaines de la programmation pluriannuelle de l'énergie, telles que la prolongation de l'exploitation du parc jusqu'à 60 ans ou encore la création de six EPR de deuxième génération, sans parler des huit potentiels EPR annoncés.

Consacré par la loi de 1991, le principe de réversibilité est conçu pour garantir à la génération à venir, à titre secondaire, une marge de décision en matière de traitement des déchets. Aussi avons-nous cherché à savoir comment il pourrait être concrètement mis en œuvre.

La réversibilité repose sur quatre composantes énoncées dans la loi de 2016 : la progressivité de la construction, la flexibilité et l'adaptabilité de l'exploitation et la récupérabilité des colis de déchets. Il est possible, à partir d'une évaluation de cette dernière composante, de comprendre l'enjeu plus général de la réversibilité.

En pratique, pour que la réversibilité soit possible, il faut pouvoir récupérer les colis. Les colis doivent pour cela être standardisés et robustes. La récupérabilité d'un colis nécessite en outre que soit ménagé un espace de préhension suffisant à son maniement, de quelque quartier ou alvéole qu'il soit retiré. En outre, l'argile, étant très confinante, a tendance à comprimer les alvéoles, de sorte que les colis doivent être conçus pour être suffisamment robustes et garantir la récupérabilité pendant toute la durée d'exploitation, c'est-à-dire au moins 100 ans.

Le processus industriel devant être téléopéré, le bon état des mécanismes de roulement et des robots à l'intérieur des quartiers de stockage et des alvéoles est le dernier élément nécessaire à la récupérabilité. L'enveloppe des colis est appelée à s'oxyder, ce qui rendra difficile leur récupération ; mais des robots pourraient nettoyer au préalable l'oxydation des colis, comme cela nous a été expliqué au cours de notre visite du laboratoire souterrain en mars 2026.

À l'horizon 2040, après que le rapport de sûreté aura été mis à jour et à partir des observations effectuées dans l'installation elle-même, nous estimons que

l'Office pourrait réaliser une nouvelle évaluation du projet, avant même l'évaluation des résultats de la phase industrielle pilote qui est d'ores et déjà prévue par le code de l'environnement. Cette nouvelle évaluation devrait apprécier, avant l'ouverture de la phase industrielle pilote, les modalités de mise en œuvre concrète de la réversibilité, dans le respect de la sûreté des installations et du personnel qui y travaille. C'est l'objet de l'une de nos recommandations.

De l'avis général, c'est la phase d'exploitation qui paraît constituer la phase critique du projet. Du point de vue de l'ingénierie, Cigéo pose un double défi puisqu'il s'agit à la fois d'une installation nucléaire de base (INB), où la présence de radioactivité impose ses contraintes, et d'une installation souterraine dont l'environnement soulève d'autres questions spécifiques en matière de sûreté.

Comme l'a noté l'ASNR, des efforts significatifs restent attendus pour démontrer de manière robuste l'exclusion du risque de criticité à long terme, c'est-à-dire de déclenchement non contrôlé d'une réaction de fission nucléaire pour les combustibles usés.

Il existe un risque d'explosion lié au dégagement d'hydrogène. Celui-ci proviendrait soit de la radiolyse, c'est-à-dire la décomposition des matériaux du fait des rayonnements ionisants, soit de la dégradation chimique des composants du stockage par corrosion. La maîtrise des risques associés consiste à limiter la production de gaz inflammables et à maîtriser la concentration en oxygène dans les alvéoles. Dans son avis du 25 novembre 2025, l'ASNR demande que les études réalisées par l'Andra à ce sujet soient poursuivies afin de compléter la démonstration de sûreté.

Vient enfin le problème des 70 000 colis bitumés, qui représentent environ 18 % de l'inventaire. On en produit encore environ 70 par an. Le bitume a longtemps été utilisé, notamment par le CEA, pour emprisonner les radionucléides issus du retraitement. Il forme en effet une matrice très stable, qui présente cependant l'inconvénient d'être inflammable. Selon l'Andra, cela ne posera pas de problème une fois le centre de stockage fermé, puisqu'il n'y aura plus alors sur le site d'oxygène rendant possible la propagation d'un feu, point sur lequel il convient de poursuivre les études. Il en va différemment de la phase d'exploitation. Il reste donc à apporter une démonstration de sûreté complète concernant la possible inclusion de colis bitumés dans Cigéo. Un programme de démonstration est en cours, dont la fin est prévue en 2029.

Sachez enfin que le CLIS de Bure a diligenté une expertise indépendante sur son propre budget. L'expert allemand retenu, Mathias Niemeyer, a présenté ses conclusions devant le CLIS. Des échanges ont ensuite eu lieu avec l'Andra. Cela a permis que de nombreux points soient résolus. Monsieur Niemeyer considère toutefois que quelques points, qu'il a accepté de nous présenter, méritent encore examen.

Il s'est notamment penché sur le scénario d'évolution normale (SEN), développé par l'Andra, caractérisant le transfert des radionucléides dans l'espace au fil du temps. Son étude met en avant les différences flagrantes entre les coefficients de conversion des radionucléides dans la biosphère retenus par l'Andra et ceux retenus par deux pays frontaliers, la Suisse et l'Allemagne, un facteur 8 les séparant. Il apparaît en particulier que l'Andra ne prend pour ainsi dire pas en compte le canal de l'alimentation comme voie de transmission de la radioactivité dans la population humaine ; son évaluation se concentre sur l'eau, sans toutefois en tirer toutes les conséquences. Elle part certes de l'hypothèse que, du fait du réchauffement climatique, le climat de la Meuse et l'agriculture qui y est pratiquée auront sans doute basculé vers le type méditerranéen, mais ne va pas jusqu'à imaginer une irrigation ou un arrosage des pâturages où paissent les animaux d'élevage. Dans cette dernière hypothèse, le transfert de radionucléides vers la population humaine à travers la consommation de lait et de viande exposerait celle-ci à un risque élevé, surtout si les coefficients suisses et allemands sont appliqués. Monsieur Niemeyer a vivement recommandé que les coefficients qui seront retenus en France fassent l'objet d'une revue internationale. Il nous a laissé un exemplaire de la « Base de calcul pour l'estimation de la dose lors du stockage définitif des déchets hautement radioactifs » établie par l'Office fédéral allemand équivalent de l'ASNR.

Nous l'avons par ailleurs interrogé sur la portée de son analyse au regard des enjeux généraux de sûreté de la DAC. Il a estimé que ces éléments n'avaient qu'une importance secondaire dans le tableau d'ensemble. Nous sommes d'avis qu'il convient aussi de les apprécier au vu des marges et majorations prises ailleurs et justifiées dans les modélisations de l'Andra.

Aux yeux de monsieur Niemeyer, ces résultats sont néanmoins riches d'enseignement sur la manière dont les instances compétentes contrôlent l'avancement du projet. Sans remettre en cause toutes les modélisations de l'Andra, on pourrait se demander si elle n'aurait pas utilisé des mesures optimistes dans d'autres paramètres de ses modèles. Plus encore, s'agissant des coefficients de conversion dans la biosphère, ce processus de vérification fait apparaître que l'ASNR n'aurait pas développé de modèles propres relatifs au développement de la faune et de la flore, alors qu'une telle modélisation aurait été seule capable de mettre véritablement à l'épreuve les scénarios de l'Andra.

Cette contre-expertise vient donc souligner certaines faiblesses potentielles du contrôle de sûreté de Cigéo par l'ASNR. L'Andra ayant constitué seule son dossier, la question de la relecture de certaines dispositions par la communauté internationale pourrait se poser.

Les choix d'aujourd'hui orientent les décisions de demain. Voici les points de vigilance que nous avons mis en évidence. Ils devront être traités après une éventuelle autorisation de création et préalablement à une autorisation de mise en service. C'est pourquoi l'une de nos recommandations propose un réexamen de la

situation par l'Office, après la mise à jour par l'Andra du rapport préliminaire de sûreté, donc dans une dizaine d'années.

J'en viens à la présentation de nos recommandations :

- conduire un programme d'étude visant à consolider l'inventaire en substances toxiques chimiques à considérer pour l'étude d'impact de Cigéo, conformément à l'avis de l'ASNR ;

- mener des recherches complémentaires concernant la couche d'argile, élément central du dispositif de sûreté de Cigéo, s'agissant notamment de certaines « caractéristiques hydrogéologiques des couches marneuses de la série grise, de l'Oxfordien calcaire et du Cox », conformément à l'avis de l'ASNR selon lequel l'instruction technique du dossier a permis de mettre en lumière sur ce point plusieurs aspects devant être complétés ou développés ;

- intégrer, lors de la prochaine mise à jour de la version préliminaire du rapport de sûreté, l'étude d'une situation d'abandon du stockage pendant son fonctionnement.

Nous sommes en effet, pendant la phase d'exploitation et au-delà, sur des échelles de temps très conséquentes, qui excèdent celles sur lesquelles on travaille en général dans les sociétés humaines. Il conviendrait donc d'identifier les conséquences sur la sûreté de long terme d'une éventuelle fermeture préventive anticipée du stockage et d'en tirer des enseignements pour en limiter les effets.

M. Maxime Amblard, député, co-rapporteur. Les quatre préconisations suivantes sont :

- inscrire dans le décret d'autorisation des dispositifs spécifiques pour assurer le traitement impératif avant la mise en service de cinq points de sûreté essentiels : risque d'incendie pour les colis bitumés, corrosion des composants métalliques de l'alvéole haute activité, optimisation du stockage, risque de criticité (c'est-à-dire de déclenchement non contrôlé d'une réaction de fission nucléaire pour les combustibles usés) et risque d'explosion dans les alvéoles MA-VL ;

- lors de l'instruction des évaluations futures du stockage, réévaluer les conservatismes à la lumière de la progression des connaissances et poursuivre les études en utilisant des méthodes de traitement multiparamétriques ;

- à l'horizon 2040, à la suite de la mise à jour du rapport de sûreté et à partir des observations menées dans l'installation elle-même, prévoir une évaluation de l'Office avant l'ouverture de la phase industrielle pilote pour apprécier les modalités de mise en œuvre concrète de la réversibilité, dans le respect de la sûreté des installations et du personnel qui y travaille ;

- inclure dans le coût de référence de Cigéo une marge de précaution visant à prendre en compte les évolutions possibles de certains coûts pour les

phases de construction, d'exploitation, de surveillance et de fermeture du centre de stockage.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. Merci, chers collègues, pour ce travail approfondi qui complète utilement, et conformément à la loi, les rapports de l'ASNR et de la CNE2.

J'insiste, avant d'ouvrir la discussion, sur l'initiative que nous avons prise auprès du ministère pour faire part de notre regret que le calendrier de l'enquête publique ait été avancé. Le sujet du rapport n'est pas la déclaration d'utilité publique, actée il y a quatre ans, mais il n'y avait aucun impératif d'avancer la consultation, initialement prévue à l'automne 2026. Dans le contexte actuel, où la PPE 3 n'est pas allée au bout du processus parlementaire puisqu'elle a été adoptée par décret et non par le Parlement, je considère qu'il aurait été de bon aloi de respecter les travaux du Parlement et d'attendre à tout le moins que l'Office remette son rapport. Commencer la consultation début septembre aurait permis d'avoir tous les éléments en main pour effectuer une enquête publique digne de ce nom. L'information du public a débuté il y a un mois. J'ai évidemment souscrit à la demande des deux corapporteurs de solliciter le ministère. Je tiens à souligner que nous n'avons pas été entendus par la ministre, ce que je regrette à titre personnel : en tant qu'ancienne membre de l'Office, elle aurait pu nous consacrer une demi-heure. Nous avons été en relation avec son cabinet, qui nous a fait comprendre que rien ne changerait.

M. Gérard Leseul, député, vice-président de l'Office. Je partage votre propos introductif, monsieur le président, concernant le séquençage procédural. L'enquête publique a été avancée mi-mai à la demande du Premier ministre, alors que la mission d'évaluation n'avait pas encore présenté ses conclusions. Le séquençage est donc inversé, comme vous venez de le mentionner et comme l'ont indiqué les rapporteurs aux pages 29 et 30 de leur rapport. Le gouvernement, vous l'avez rappelé, a été formellement alerté sur ce point par écrit. Des réponses ont été apportées, bien que de manière assez cavalière puisque l'Office n'a pas été reçu par la ministre. Comment expliquer que le gouvernement ait choisi d'accélérer la procédure et de l'entamer avant que le Parlement ait rendu son avis ? N'est-ce pas une forme de contournement du contrôle parlementaire ? J'aimerais que nous puissions acter ce point et en tenir compte, y compris en écrivant de nouveau au gouvernement sur ce sujet.

L'avis de l'ASNR présenté devant l'Office le 4 décembre 2025 identifiait une liste de lacunes. Ces lacunes concernent-elles des éléments périphériques du dossier ou plutôt l'évaluation de sûreté en exploitation et la démonstration de sûreté à long terme ?

La loi de 2006 faisait de la réversibilité un principe directeur et la loi de 2016 en a précisé les critères. Or il me semble que nous n'avons pas à ce jour de définition opérationnelle partagée de cette notion. À quel horizon ? Dans quelles conditions techniques ? Selon quelles procédures de décision ? Avec quelles

garanties pour les générations futures ? Les rapporteurs pourraient-ils nous rappeler par ailleurs comment la DAC traduit concrètement cette exigence législative ? La sixième recommandation y fait référence, mais cela répond-il complètement à l'exigence ?

Ma quatrième observation rejoint votre recommandation n° 7 sur le coût de référence et le risque de dépassement, que je partage. L'Andra a remis en mai 2025 un chiffrage du projet compris entre 33,6 et 46 milliards d'euros. L'arrêté gouvernemental du 30 mars 2026 retient un montant de 33,4 milliards, donc en-deçà de la borne basse. Sur un projet dont la durée d'exploitation excède un siècle, le risque de dépassement n'est-il pas structurel ? Sur quels postes entend-on réaliser des économies pour se situer à ce niveau sachant qu'il s'agit de stocker les déchets les plus radioactifs du programme nucléaire ? Qui va supporter demain le risque de dépassement ?

Enfin, nos rapporteurs voteront-ils pour l'adoption de leur rapport ?

Mme Dominique Voynet, députée, membre de l'Office. Je pense que nous allons tous faire part, tour à tour, de notre irritation et de notre regret que l'engagement pris auprès des riverains n'ait pas été tenu s'agissant du calendrier et de la durée de l'enquête publique et, pour ce qui nous concerne, que l'Office n'ait pas été en mesure de fournir un document qui aurait pu être versé au dossier d'enquête pour éclairer le public comme il le fait pour les parlementaires. Merci pour votre protestation officielle auprès du gouvernement.

L'un des points sur lesquels je suis en attente vis-à-vis du rapport concerne l'élimination des alternatives au stockage géologique profond. Maxime Amblard a indiqué par exemple qu'il n'était pas possible de stocker en surface ou en subsurface les déchets de haute activité à vie longue. Vous écrivez en outre, évoquant la séparation-transmutation et l'entreposage en subsurface, que « *les deux premières solutions sont désormais écartées* ». Or il se trouve qu'Orano le fait aux États-Unis. D'autres pays ont fait d'autres choix. À d'autres endroits du rapport, notamment à la page 45, vous évoquez l'hypothèse selon laquelle on pourrait être confronté à des problèmes qui inviteraient à réexaminer le choix du stockage géologique profond. Je me demande si l'on ne devrait pas préconiser qu'en parallèle du choix qui a été fait, il serait bienvenu de continuer à faire de la recherche, à explorer, analyser et évaluer ce qui a été fait aux États-Unis, d'autant que vous indiquez qu'il pourrait être nécessaire de créer d'autres sites de stockage des déchets.

Mon deuxième questionnement concerne la réversibilité. On a bien compris la question de la compétition entre, d'une part, la décroissance de la radioactivité, c'est-à-dire la capacité à garder cette dernière au sein de l'enveloppe permettant le transport et le stockage définitif des déchets et, d'autre part, la capacité de la couche géologique à contenir la radioactivité. Or la loi indique que l'on doit pouvoir garantir cela pendant cent ans. Je souhaite prolonger ce point par des questionnements sur la pérennité de l'Andra elle-même et la question des

coûts. À deux reprises dans le rapport, vous expliquez que la démarche ne doit pas coûter trop cher aux exploitants. Je pense que cela sort quelque peu du cadre de l'évaluation scientifique opérée par l'Office. Vous évoquez aussi, pour justifier l'augmentation du coût prévisible de Cigéo, le changement des conditions économiques au cours de la décennie passée. Le coût a augmenté de 15 % en dix ans ; que se passera-t-il s'il continue à croître à un tel rythme pendant 150 ans ? Je pense que cela nécessite une analyse économique prospective robuste pour clarifier ce que l'on demande aux exploitants. Yves Marignac, dont on sait qu'il n'est pas un pronucléaire fervent, indique que cela ne correspondrait qu'à une augmentation de 1 ou 2 % du coût du kilowatt. En est-on sûr ? Ne devrions-nous pas prolonger notre travail par des études économiques plus robustes que celles qui existent pour l'instant ? Je me souviens d'une réunion de l'Office au cours de laquelle Bruno Sido nous avait exposé son rapport sur les stocks présentés par l'Andra et indiqué que l'évaluation des coûts s'était largement effectuée au doigt mouillé. Qu'en est-il exactement ?

Je vous remercie d'avoir pris l'exemple de StocaMine, qui montre que l'on apprend en marchant.

Vous évoquez page 32 la question des transports, présentés comme un maillon faible de la sûreté et de la sécurité. Dans le contexte géostratégique actuel, la protection des transports est un point de vigilance important, qui sort du strict cadre de Cigéo, mais que l'on devrait sans doute creuser davantage.

En page 33, les arguments relatifs à la descenderie sont bizarres. Vous indiquez au fond à quel point il est difficile de dire s'il s'agit d'une bonne solution ou pas. Vous expliquez par exemple que l'un des dossiers produits sur la question « *a mis en évidence combien il était difficile de mener à bien une démonstration de sûreté garantissant l'absence de chute d'un colis* ». Il est donc difficile de prouver qu'un puits vertical ou une descenderie seraient des solutions satisfaisantes. Le choix de la descenderie a été fait. Il y aura toutefois des puits verticaux en plus. Je me demande si nous ne devrions pas préciser les choses.

Ne devrions-nous pas par ailleurs préconiser de ne pas intégrer dans Cigéo les déchets bitumés, qui ne sont pas vraiment des déchets de haute activité à vie longue ? Aucune étude en effet n'a évacué le risque d'incendie et d'explosion. On nous dit qu'un jour les galeries seront fermées et ne contiendront plus d'oxygène. L'argument est un peu rapide. Que se passera-t-il dans les 150 ans à venir ? Peut-être devrions-nous avoir davantage de recul sur le fonctionnement du site avant de décider d'y entreposer des déchets bitumés.

À la page 39, j'ai noté une forme d'incompatibilité entre la PPE 3 et Cigéo. En effet, si l'on prolonge la durée de fonctionnement des réacteurs existants et que l'on intègre de nouvelles générations de réacteurs, que ce soit des SMR produisant des déchets très différents les uns des autres ou des EPR2, on va se trouver confronté à des besoins supplémentaires et probablement à la nécessité d'ouvrir un deuxième site. Je ne suis pas à l'aise avec la citation de

Madame Guénot-Bresson selon laquelle « *l'inventaire de référence intègre déjà la poursuite du fonctionnement des réacteurs actuels sur une durée dont nous discutons avec EDF* ». Il existe un inventaire de référence et un inventaire complémentaire. De quoi discute-t-on ? Quel est le statut de ces discussions ? J'ignore si ces éléments doivent figurer dans un rapport de l'Office ou s'ils n'en sont qu'au stade de la discussion.

M. Daniel Salmon, sénateur, co-rapporteur. L'avancement du calendrier de l'enquête publique nous a heurtés, irrités et nous n'avons pas été convaincus par les arguments des membres du cabinet de la ministre, qui nous ont indiqué que le dossier était mature, que le sujet avait été beaucoup travaillé depuis quarante ans et qu'il n'y avait par conséquent aucune raison de ne pas avancer la date de l'enquête. Cette réponse n'était pas à la hauteur. Il s'agit clairement d'un calendrier électoral, d'une entorse faite à la démocratie. Nous savons que nucléaire et démocratie ne font pas toujours bon ménage ; nous en avons là un exemple supplémentaire. Nous avons fait part de notre regret unanime face à cette décision qui ne répond absolument pas à nos attentes.

Vous évoquez l'élimination des alternatives. Peut-être le rapport est-il en effet trop péremptoire en la matière. Les deux alternatives ont été explorées. On parle des générations futures. On se situe sur des temps longs, avec une géopolitique instable et le souci de savoir si l'on sera, dans vingt, cinquante, cent ans et au-delà, encore capables de gérer ces déchets. La transmutation n'avance pas et il est unanimement reconnu que l'on est encore très loin du niveau industriel dans ce domaine. Cette option doit donc être mise de côté.

Le stockage en surface ou subsurface soulève la question de sa pérennité. Ce type de stockage nécessiterait forcément la mise en place d'une surveillance. La problématique des déchets nucléaires est en effet de s'assurer qu'il n'y ait pas d'intrusion, de possibilité de malveillance. La difficulté est là : entreposer des déchets en surface avec les inconnues que sont le niveau civilisationnel futur et les difficultés à les gérer demain.

Ceci conduit selon moi à considérer que l'enfouissement en profondeur, avec la sécurité passive offerte par la présence de la couche d'argile, est sans doute la moins mauvaise des solutions. La difficulté se situera pendant la phase d'exploitation. Il faut savoir par ailleurs que les choses ne sont pas figées : d'ici 2050, de nombreux compléments d'études demandés par l'ASNR vont être apportés. De multiples sujets restent à creuser, comme nous l'indiquons dans nos préconisations. Il va falloir mettre à profit les 25 années qui nous séparent de la mise en place des premiers colis. Viendra ensuite la phase industrielle pilote. On s'inscrit donc encore dans un temps relativement long. Le projet a une certaine maturité, mais il reste encore du temps d'ici 2050 pour répondre aux questions qui subsistent. La phase pilote sera également centrale : on verra alors comment se déroule le fonctionnement effectif du dispositif, avec de vrais colis. On n'est pas à l'abri de mauvaises surprises. Mais je pense que notre responsabilité est de

continuer dans le sens de cette solution qui, à l'exclusion des autres, est la meilleure.

M. Maxime Amblard, député, co-rapporteur. La phase industrielle pilote est conçue pour pallier les lacunes mentionnées et répondre aux questions qui persistent. La théorie et les études de sûreté sont importantes, mais la mise en pratique est nécessaire pour garantir la qualité des scellements, le bon fonctionnement des mécanismes robotisés, etc. Certains éléments doivent être testés en vie réelle. C'est la raison pour laquelle une phase pilote a été prévue, sans colis radioactifs au début, puis avec de tels colis, dans le cadre d'autorisations préalables. La délivrance de l'autorisation de création ne constitue donc en aucune façon un chèque en blanc.

Au niveau du chiffrage des coûts, la différence entre les 37 et les 46 milliards d'euros annoncés tient à la fiscalité, qui n'est pas encore fixée et dont le montant estimé est pris en compte dans les 46 milliards. Une fois que la fiscalité sera arrêtée, en 2027 ou 2028, elle sera intégrée dans le chiffrage final. Je partage le sentiment de Gérard Leseul : il est nécessaire, à plus forte raison dans le cadre d'un projet d'une telle ampleur, de faire des provisions, d'anticiper le pire. Ce financement est assuré par un provisionnement sur la production et la consommation d'électricité : il est donc « malheureusement » intégré à la facture des Français.

Je reviens sur l'élimination des alternatives au stockage profond. Il faut bien avoir conscience que la sûreté active est impossible à démontrer pour une durée de plusieurs milliers d'années qui est celle des déchets que l'on traite ici. Il faut donc trouver le moyen d'assurer une sûreté passive sur cette durée : c'est le rôle de la couche d'argile. Durant le fonctionnement, s'y ajoutera évidemment une sûreté active, sur une échelle de temps forcément moins longue que celle d'un entreposage en subsurface, c'est-à-dire de l'ordre d'une centaine d'années.

La transmutation ne réglerait pas tous les problèmes. Elle pourrait supprimer les actinides mineurs, mais non les produits de fission, à l'exception des plus gros. Cette technique ne permettrait donc pas de supprimer l'entièreté des déchets. Elle a par ailleurs été mise à mal par l'arrêt de Superphénix, qui a fait que la France, qui avait une longueur d'avance en la matière, est désormais en retard par rapport aux Chinois et aux Russes.

La question d'une prospective économique plus robuste rejoint la recommandation n° 7, dans laquelle nous demandons une consolidation du chiffrage.

Peut-être n'est-ce pas suffisamment clair dans le rapport : la sélection entre les différentes options de descenderie s'appuie sur des éléments techniques et scientifiques solides. Le choix d'une descenderie oblique plutôt que verticale est, selon Orano, rendu possible par le fait que le volume des colis est plus limité dans le cas de Cigéo que dans les pays ayant opté pour une descenderie verticale.

Ceux-ci ne peuvent pas manutentionner leurs colis, beaucoup plus volumineux, de la même façon car ils ne pratiquent pas le retraitement.

Le choix de la descenderie oblique rectiligne plutôt qu'en spirale est quant à lui justifié par la question de la motorisation : il est en effet préférable pour la sûreté que la motorisation, électrique en l'occurrence, soit située à l'extérieur. Ceci permet de limiter le risque incendie par rapport à une solution en spirale dans laquelle la motorisation serait placée sur le véhicule de transport, circulant dans la descenderie, et pourrait prendre feu à tout moment.

La démonstration de sûreté de la descenderie oblique n'est certes pas évidente, comme toute démonstration de ce type, mais est beaucoup plus simple que pour la descenderie verticale, grâce à la gravité qui permet de freiner et d'arrêter le transport en cas de problème.

M. Daniel Salmon, sénateur, co-rapporteur. La faiblesse de la descenderie rectiligne oblique vient de la distance entre les puits de ventilation et les bâtiments de surface d'où vont partir les déchets. Les deux sites vont être distants de 4,5 km, ce qui majorera les coûts de sécurité. Les études de l'Andra montrent toutefois que cette solution comporte aussi des aspects sécurisants.

La réversibilité est un sujet central, qui figure dans la loi. Elle doit être possible pendant toute la durée de l'exploitation, c'est-à-dire 100 à 150 ans. Réversibilité implique possibilité de récupérer les colis. Beaucoup d'études ont été menées en ce sens. Il faut savoir que les colis de déchets HA par exemple seront poussés dans de petits goulots de 120 mètres de long, ensuite scellés. Deux éléments s'opposent. Le premier est le fait de sécuriser au maximum : ceci suppose, une fois les alvéoles remplis, de les sceller pour étanchéifier l'ensemble. Ce scellement doit être perméable aux gaz, mais imperméable à l'eau, ce qui soulève déjà un certain nombre de difficultés. Une oxydation des colis se produira inexorablement, qui va rendre l'extraction des colis de plus en plus difficile. L'Andra mène des travaux dans ce domaine et a déjà étudié des robots capables de grignoter les scellements et d'extraire les colis grâce à une pince. La manœuvre ne sera pas simple, mais un travail est conduit pour que ce soit possible. L'exemple des États-Unis est toutefois éclairant et l'Andra elle-même l'a reconnu pendant notre visite : en cas de problème, la seule possibilité est parfois de fermer le secteur concerné.

M. Maxime Laisney, député. La réversibilité ne doit pas être garantie sur cent ans, mais sur une quarantaine d'années. En effet, les colis de haute activité seront stockés au cours des quarante années précédant la fermeture, soit à partir de 2070 ou 2080. La durée est donc limitée et le risque d'oxydation moindre.

Je vous remercie, monsieur le président, de vos propos sur l'enquête publique précipitée. Il est noté dans le rapport qu'elle a été déclenchée par le préfet de la Meuse ; mais nous savons tous ici qu'elle l'a été à la demande du gouvernement. Ceci aurait mérité d'être écrit noir sur blanc.

Vous signalez que ce décalage est condamné par le HCTISN mais aussi par l'ANCCLI et le CLIS de Bure. Vous ajoutez, élément essentiel, que « *seul l'avis de l'ASNR et les réponses qu'y apporte l'Andra sont nécessaires pour déclencher l'enquête publique* ». Or j'ai consulté l'avis de l'ASNR du 25 novembre 2025, dans lequel figure la mention suivante : « *L'ASNR note que l'Andra s'est engagée à apporter les éléments suivants préalablement à l'enquête publique* ». Cette enquête n'aurait donc jamais dû démarrer tant que l'Andra n'avait pas donné ses réponses. Je pense que cela mériterait de figurer dans le rapport.

Je partage quasiment toutes vos recommandations, notamment les quatre premières. Je souscris ainsi totalement à la quatrième, qui préconise d'« *inscrire dans le décret d'autorisation des dispositions spécifiques pour assurer le traitement impératif avant la mise en service des cinq points de sûreté essentiels* ». En effet on ne peut laisser un projet démarrer alors que les questions posées par l'ASNR à l'Andra, qui ne concernent pas des points annexes, n'ont pas obtenu de réponse. Ceci concerne le cœur du projet : la couche d'argile, le risque incendie, etc. Le rapport ne donne pas à proprement parler un avis : il formule des recommandations. Mais au bout du compte, il laisse filer. Il ne faut pas qu'il soit un blanc-seing et je pense qu'il serait opportun d'y intégrer le schéma du processus de décision présenté précédemment.

Le rapport précise à propos de l'inventaire : « *en tout état de cause, le décret d'autorisation ne doit pas intégrer les variables de la PPE 3 que sont le prolongement des réacteurs à soixante ans et les six EPR2* ». Je trouve dommage de ne pas reprendre cela dans les recommandations. Vous écrivez également que la poursuite de l'exploitation nucléaire posera la question d'un autre site d'enfouissement. Or j'avais compris que la France disposait à Bure d'une chance unique au monde, avec ce site exceptionnel, le seul permettant d'enfouir des déchets. Ceci interroge. Ne faudrait-il pas souligner dans le rapport la nécessité d'arrêter de produire des déchets nucléaires si le site de Bure est le seul où pouvoir les stocker ?

Ma dernière observation concerne la réversibilité et la recommandation n° 6. Trois pages du rapport sont consacrées à expliquer que la récupérabilité est difficile, dangereuse et coûteuse et qu'il conviendra de vérifier avant le début de la phase industrielle pilote s'il est bien raisonnable de se lancer dans l'aventure. N'est-ce pas là l'aveu d'une promesse qui ne sera jamais tenue ? Si tel est le cas, il faudrait le signaler.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. Je suis d'accord avec l'idée d'arrêter de produire des déchets. C'est même inscrit dans la loi de 2006 sur la fermeture du cycle. Ceci fait écho aux projets de réacteurs à neutrons rapides, à la situation avancée de la France grâce à Superphénix, à l'arrêt du programme Astrid en 2019, etc. Cela reste, de mon point de vue, la voie à privilégier pour éviter d'avoir à remettre sur la table ce type de projet pendant des décennies, voire des siècles. Je regrette que nous ne soyons pas unanimes sur ce

point et que nous ne nous accordions pas pour souligner l'intérêt de cette voie, qui a été stoppée par le président de la République en 2019.

La situation aux États-Unis est différente de celle de la France : ils entreposent actuellement des déchets hautement radioactifs parce qu'ils disposent de surfaces, très éloignées des habitations, que nous n'avons pas. La loi américaine comporte malgré tout l'obligation d'aller vers un stockage, sous une forme à définir. Des recherches sont menées en ce sens.

J'ai exprimé mon regret quant au démarrage anticipé de l'enquête publique, qui va se terminer dans une quinzaine de jours. On peut malgré tout se féliciter du dialogue qui existe en France, notamment avec le HCTISN et les CLI. J'ai entendu dire tout à l'heure que la procédure entourant le nucléaire civil n'était pas démocratique. Je pense que l'on peut se féliciter d'une réelle ouverture. Les opposants au nucléaire ont la possibilité de s'exprimer et le font d'ailleurs très largement, dans ces instances comme dans les médias. Il ne faut pas trop noircir le tableau et prétendre que les décisions sont prises en catimini, tant s'en faut. Maxime Laisney a dit qu'on laissait filer. Je rappelle que l'Office n'est pas décisionnaire et que son rapport est complémentaire à ceux de l'ASNR et de la CNE2. Il appartient aux décisionnaires de décider. Je ne me mêle pas des choix de l'exécutif ; j'aurais simplement aimé qu'il respecte les travaux parlementaires. Mais ne nous mettons pas à la place de ceux qui doivent prendre les décisions.

M. Maxime Amblard, député, co-rapporteur. Concernant l'enquête publique, les réponses ont été apportées par l'Andra à l'ASNR avant le début de l'enquête. L'ASNR en a pris acte. Ces éléments rejoignent notre point 3 et répondent à de nombreuses questions soulevées, hormis les sujets qui ne pourront être traités que dans le cadre de la phase industrielle pilote. Ces informations m'ont été communiquées par le sous-préfet chargé de Cigéo.

Pour ce qui est de l'inventaire et de l'éventualité de créer un second site, il faut savoir que l'extension de Cigéo dans la couche géologique est limitée par le fait que les points de ventilation se situent en son milieu et que leur duplication impliquerait une trop grande refonte de la sûreté. En revanche, le site est, lui, duplicable. La couche géologique existe en effet au-delà du site de Bure et forme un grand arc qui traverse la France. Des points situés 100 kilomètres plus au nord ou plus au sud présenteraient les mêmes propriétés argileuses, moyennant éventuellement une différence de profondeur dans la mesure où la couche argileuse est légèrement inclinée. Le site de Bure était en outre particulièrement intéressant en raison de la faible densité de population dans la zone. Le fait qu'il se situe à la jonction de deux départements a également joué. Ces paramètres ne sont toutefois pas limitant dans la perspective d'une duplication du site.

M. Daniel Salmon, sénateur, co-rapporteur. Je pense que nous pouvons nous accorder sur le fait d'ajouter au rapport le point relatif au processus de décision.

Le site de Bure est effectivement exceptionnel. Il se caractérise par une importante couche d'argile, qui s'étend sur une partie du Bassin parisien. Plusieurs facteurs ont conduit au choix de Bure. Si de nouveaux EPR sont déployés, il faudra sans doute créer un deuxième site un peu plus loin. Il faut que les gens soient informés que c'est ainsi que les choses risquent de se passer.

Il n'a pas été facile de produire un document concis sur un sujet aussi vaste et complexe. L'objectif était, comme pour tout travail de l'Office, de se focaliser sur des problématiques de sciences dures, exactes, même si j'ai parfois, pendant les auditions et les visites, mis en avant des problèmes de sciences humaines qui me semblaient fondamentaux.

M. Gérard Leseul, député, vice-président de l'Office. En cas d'adoption du rapport, je souhaiterais vivement que nous sollicitions un rendez-vous avec le ministre afin de lui remettre le document et de lui signifier notre mécontentement quant à la méthode employée. « Solliciter » est d'ailleurs un terme de pure politesse, car nous aurions le moyen d'exiger une telle entrevue.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. Les rapporteurs ont toute latitude pour procéder ainsi.

Je vous propose de passer au vote sur le projet de rapport, sachant que les rapporteurs y intégreront les ajustements sur lesquels nous nous sommes accordés aujourd'hui.

L'Office adopte le rapport sur « l'évaluation de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo, en application de l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement » et autorise sa publication.

LISTE DES PERSONNES ENTENDUES

2 mars 2026

10 heures 30 : Visite des installations du laboratoire souterrain à Bure et de la descenderie

- Gérard Longuet, ancien ministre, ancien président de l'OPECST
- Patrice Torres, directeur industriel et des activités du Grand Est, Andra
- Émilie Huret, cheffe du Centre Andra de Meuse/Haute-Marne, Andra
- Sarah Dewonck, cheffe du Laboratoire souterrain, Andra
- Matthieu Denis-Viennot, chargé de mission Insertion territoriale, Andra
- Damien Maury-Tarriet, chargé de communication, Andra
- Janlou Chaput-Morin, communicant, Andra
- Dominique Mer, cheffe du service Communication et dialogue, Andra

15 heures 30

- Jérôme Dumont, président du conseil départemental
- Mélanie Varnusson, directrice du Groupement d'Intérêt Public « Objectif Meuse »

16 heures : Comité local de suivi et d'information (CLIS) de Bure

- Jean-Louis Canova, président du CLIS, conseiller départemental de la Meuse
- Denis Stolf, vice-président du CLIS, personnalité qualifiée (ancien maire)
- Juliette Geoffroy, du Collectif haut-marnais opposé au stockage (CEDRA 52)
- Jean-Marie Malingreau, CFTC
- Benoît Jaquet, directeur salarié

17 heures 15 : Préfecture de la Meuse

- Xavier Delarue, préfet de la Meuse, coordinateur pour Cigéo
- Cyril Charbonnier, chef de la mission Meuse/Haute-Marne pour l'accompagnement territorial de Cigéo

Jeudi 9 avril 2026

14 heures

- Bernard Laponche, président de Global Chance

15 heures

- Myrto Tripathi, présidente-fondatrice des Voix du nucléaire
- Henri Zaccai, membre de l'association des Voix du nucléaire

16 heures

- Florent Jourde, directeur-adjoint des relations publiques d'EDF
- Olivier Giraud, directeur de la ligne projet filières déchets d'EDF

Mardi 28 avril 2026

16 heures : Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sûreté nucléaire (HCTISN)

- Michel Badré, pilote du groupe de travail suivant la concertation Cigéo, HCTISN
- Benoît Bettinelli, secrétaire général du HCTISN
- Elsa Demangeon, secrétaire générale adjointe du HCTISN

17 heures 30

- Henri Wallard, membre de Patrimoine Nucléaire-Climat (PNC) France

Mercredi 29 avril 2026

16 heures 30

- Jean-Michel Romary, directeur de la programmation stratégique, du démantèlement et des déchets d'Orano
- Alexandre Ferrer, responsable des affaires publiques d'Orano en France

17 heures 30

- Bruno Comby, président-fondateur de l'Association des écologistes pour le nucléaire (AEPN)

Jeudi 30 avril 2026

14 heures

- Yves Géraud, professeur, géologue au laboratoire GéoRessources de l'Université de Lorraine

15 heures

- Yannick Barthe, sociologue, directeur d'étude à l'EHESS

16 heures

- Jean-Christophe Niel, ancien directeur général de l'IRSN et de l'ASN

Mercredi 13 mai 2026

- Patrice Torres, directeur industriel et des activités dans le Grand Est de l'Andra
- Sébastien Crombez, directeur de la sûreté, de l'environnement et de la stratégie de filières de l'Andra

Jeudi 28 mai 2026

- Matthias Niemeyer, fondateur de Niemeyer Umwelt GmbH

Mercredi 10 juin 2026

- Dominique Charpin, professeur de civilisation mésopotamienne au Collège de France

Jeudi 11 juin 2026

- Yves Marignac, porte-parole de NegaWatt

LISTE DES SIGLES ET UNITÉS

Unités et termes géologiques

Bq/g Becquerel par gramme

COx Callovo-Oxfordien

m³ Mètre cube

mSv/an Millisievert par an

tML Tonne de métal lourd

Catégories de déchets radioactifs

FA Déchets de faible activité

HA Déchets de haute activité

MA Déchets de moyenne activité

MA-VL Déchets radioactifs de moyenne activité et à vie longue

TFA Déchets de très faible activité

VC Vie courte

VL Vie longue

VTC Vie très courte

Sigles et acronymes

AEN Agence pour l'énergie nucléaire

Andra Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

ANCCLI Association nationale des comités et commissions locales d'information

ASNR Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

CEA Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

CEDA Comité d'expertise et de dialogue sur les alternatives au stockage en couche géologique profonde

Cigéo Centre industriel de stockage géologique

Cires	Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage
CLIS	Comité local d'information et de suivi
CNDP	Commission nationale du débat public
CNE2	Commission nationale d'évaluation des recherches et études relatives à la gestion des matières et des déchets radioactifs
CSA	Centre de stockage de l'Aube
DAC	Demande d'autorisation de création
DDAC	Dossier de demande d'autorisation de création
DGEC	Direction générale de l'énergie et du climat
DOS	Dossier d'options de sûreté
EDF	Électricité de France
EHESS	École des hautes études en sciences sociales
EPR	Evolutionary Power Reactor (réacteur pressurisé européen)
GIP	Groupement d'intérêt public
HCTISN	Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire
INB	Installation nucléaire de base
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OPECST	Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques
PME	Petites et moyennes entreprises
PNGMDR	Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs
PPE	Programmation pluriannuelle de l'énergie
TPE	Très petites entreprises
UNE	Uranium naturel enrichi