

A S S E M B L É E N A T I O N A L E

1 7 ^e L É G I S L A T U R E

Compte rendu

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

- **Examen** du rapport d'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 (Maxime Amblard, député, et Daniel Salmon, sénateur, rapporteurs)2
- **Audition** publique sur « Hantavirus, zoonoses, science et société : quelles leçons pour l'avenir ? » (Pierre Henriet, député, et Stéphane Piednoir, sénateur, rapporteurs)21

Jeudi 11 juin 2026
Séance de 9 heures

Compte rendu n° 225-226

SESSION ORDINAIRE DE 2025-2026

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



Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Jeudi 18 juin 2026

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

La réunion est ouverte à 9 h 05.

Examen du rapport d'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 (Maxime Amblard, député, et Daniel Salmon, sénateur, rapporteurs)

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, corapporteur. 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 usés ; 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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

compresser 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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, corapporteur. 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 sollicitons un rendez-vous avec la 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.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office. Le rapport est adopté et pourra être présenté à la ministre si elle trouve un créneau à consacrer à l'Office.

Audition publique sur « Hantavirus, zoonoses, science et société : quelles leçons pour l'avenir ? » (Pierre Henriët, député, et Stéphane Piednoir, sénateur, rapporteurs)

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office, corapporteur. – C'est un grand plaisir pour l'Office d'organiser une audition publique consacrée au hantavirus et aux zoonoses, à leurs implications pour la science et la société et aux premières leçons à tirer de l'épidémie de la souche andine du virus.

Je rappelle que l'épidémie de hantavirus a été déclarée au début du mois de mai 2026 à la suite de la découverte d'un cluster de cas à bord du navire de croisière sous pavillon hollandais *MV Hondius*. Elle a rapidement mobilisé les pouvoirs publics, la communauté scientifique et les médias, suscitant une forme d'emballement du débat public et médiatique et réveillant forcément dans l'esprit d'une partie de la population le souvenir de l'épisode du covid-19, sans que cela ne soit toujours justifié par l'état réel de la menace épidémique ni appuyé par des faits scientifiques.

Alors que l'épidémie semble sous contrôle et que les passagers du navire et les cas contacts ont été pris en charge – certains poursuivant d'ailleurs leur isolement –, il nous a paru important, l'Office ayant toujours porté une attention particulière aux questions sanitaires et épidémiques, de revenir sur le virus et les enjeux associés.

Dans un rapport de 2005 consacré au risque épidémique, nos collègues d'alors pointaient déjà les risques accrus de contamination entre espèces dans un contexte de changement climatique, remettant en cause l'idée longtemps répandue selon laquelle l'homme était protégé des virus animaux par la notion de barrière d'espèce. L'exposition à la souche « Andes » du hantavirus, tout comme l'épidémie de fièvre hémorragique à virus Ebola, en cours dans la région des Grands lacs en République démocratique du Congo avec une virulence bien supérieure, illustrent ce constat avec acuité.

Par la suite et pendant toute la durée de la crise liée à la pandémie de covid-19, plusieurs rapports, notes scientifiques et auditions de l'Office se sont penchés à la fois sur le suivi de l'épidémie et sur les implications multiples du SARS-CoV-2, dont la propagation à l'échelle mondiale, qui avait d'ailleurs donné lieu à l'élaboration de modèles, a durablement marqué la mémoire collective.

Entre 2020 et 2024, pas moins de six rapports de l'Office, produits notamment par nos collègues Sonia de La Provôté, Florence Lassarade et Gérard Leseul, ont concerné la stratégie vaccinale et les effets indésirables des vaccins, la question du covid long, les nouveaux outils de surveillance épidémiologique et d'anticipation sanitaire ou encore le sujet majeur de la désinformation en santé.

Dans un autre registre, Sonia de La Provôté et Gérard Leseul sont revenus en début d'année 2026, lors d'une audition publique, sur les apports de la science pour lutter contre la dermatose nodulaire contagieuse.

Fidèle à sa vocation, l'Office a toujours à cœur de traiter ces questions selon une approche scientifique, afin de mettre à distance autant que possible les polémiques, les informations erronées et les réactions épidermiques qu'elles peuvent susciter lorsque le débat s'emballe.

C'est dans ce même esprit que nous nous proposons d'aborder la présente audition publique, en y incluant les sciences sociales pour essayer de comprendre les déterminants de nos rapports collectifs aux risques infectieux et aux épidémies.

Je remercie vivement l'ensemble des intervenants, très mobilisés sur le sujet au cours des dernières semaines, de s'être rendus disponibles pour cette audition dans des délais assez contraints et tout spécialement M. Didier Lepelletier, directeur général de la santé, dans un contexte marqué par la gestion des conséquences sanitaires de la canicule qui affecte actuellement l'Hexagone. Votre présence à tous nous est précieuse pour nous permettre d'éclairer les décisions nationales, conformément au rôle confié à l'Office.

Je précise que cette audition est publique et diffusée en direct sur le site de l'Assemblée nationale. La vidéo pourra par la suite être consultée en différé sur les pages de l'Office sur les sites de l'Assemblée nationale et du Sénat. Un lien permet aux internautes de poser des questions que nous relaierons lors des temps d'échange prévus à l'issue des prises de parole des intervenants.

L'audition comportera trois temps forts. La première séquence permettra de présenter un socle de connaissances scientifiques sur les hantavirus et sur la spécificité de la souche Andes. La deuxième abordera la question des zoonoses (maladies infectieuses transmissibles de l'animal à l'homme) et notamment l'augmentation des risques de transmission inter-espèces sous l'effet du changement climatique et du déclin de la biodiversité. Enfin, la troisième séquence s'attachera à tirer les leçons de cet épisode, d'une part à travers le prisme des sciences sociales pour comprendre ce qu'il révèle de nos rapports aux épidémies, d'autre part par le biais d'une approche opérationnelle pour en dégager des enseignements en matière de gestion des risques sanitaires par les pouvoirs publics et d'anticipation dans la perspective de prochaines épidémies qui, nous dit-on, sont déjà à nos portes.

M. Pierre Henriët, député, premier vice-président de l'Office, corapporteur. – Il était important que l'Office organise cette audition publique car l'épidémie due à la souche andine du hantavirus a mis en lumière une double urgence : d'une part mieux connaître les hantavirus et les zoonoses alors que les risques de transmission inter-espèces ne cessent de croître, d'autre part mieux comprendre les ressorts de nos rapports aux épidémies pour mieux y faire face collectivement.

Je tiens à remercier les intervenants qui ont accepté de partager leur expertise avec nous.

La première séquence de cette audition publique vise à mieux appréhender la famille des hantavirus, leurs caractéristiques biologiques et génétiques, leur répartition géographique, mais aussi les spécificités de la souche andine, ses modes de transmission et ses symptômes. Seront également abordées les possibilités de prise en charge clinique et les pistes de recherche actuelles, notamment en matière de veille épidémique.

M. Jean-Claude Manuguerra, chef de la cellule d'intervention biologique d'urgence (CIBU) et responsable adjoint du Centre national de référence (CNR) des hantavirus à l'Institut Pasteur. – Je vais me concentrer sur la question que vous m'avez posée : les hantavirus, de quoi parle-t-on ?

Les hantavirus sont rattachés aux fièvres hémorragiques, réparties dans le monde en plusieurs familles virales parmi lesquelles les filovirus, les hantavirus, les arénavirus, etc.

Tous sont des virus à ARN, la plupart à ARN négatif. Sur la diapositive, ceux signalés par une étoile appartiennent à des familles liées les unes aux autres par leur structure. Ce sont des virus segmentés.

La structure des Orthohantavirus n'est pas sans rappeler celle des virus grippaux. Il s'agit de virus enveloppés dans lesquels le génome est porté par plusieurs brins d'ARN : huit pour la grippe A, trois dans le cas des Orthohantavirus. Cette constitution permet des variations génétiques importantes. La nature segmentée de l'ARN viral existe dans d'autres familles, dont celle des arénavirus.

Le cycle classique d'un virus à ARN, hors grippe, se fait dans le cytoplasme de la cellule.

Les Orthohantavirus sont des virus émergents, présents dans toutes les régions du monde, responsables d'épidémies en augmentation. Leur nom vient de la rivière coréenne Hantaan. Le virus a été décrit en 1976, mais a causé sa première épidémie en 1951 lors de la guerre de Corée, avec une fièvre hémorragique associée à des syndromes rénaux qui a affecté environ 3 000 soldats américains et que l'on a appelée alors « fièvre hémorragique d'Europe-Asie ». En 1976, le virus a été isolé du réservoir, en l'occurrence un petit rongeur. Très vite ensuite, toujours en Corée, un autre virus dit « Séoul » a été isolé sur des personnes manipulant des rats. Peu de temps après, le virus Puumala a été identifié en Europe : il est présent notamment dans le quart Nord-Est de la France où une épidémie classique est en train de démarrer.

Un point sur l'importance des activités humaines, en l'occurrence d'un conflit armé, sur l'émergence d'un virus : lors de la guerre de Corée, les forces américaines ont été les premières affectées, puis des cas ont été détectés dans les forces armées coréennes. Le glissement s'est ensuite effectué vers la population civile. Il s'agit d'un exemple intéressant du rôle de l'activité humaine pour précipiter l'émergence d'un virus.

En 1993, un nouveau hantavirus a été détecté sur le sol américain. On l'appelle « Sin Nombre » (« sans nom ») faute d'avoir pu se mettre d'accord sur une appellation. Il est apparu dans la région des Quatre coins, à l'intersection de l'Utah, du Nouveau-Mexique, du Colorado et de l'Arizona, où se trouve la tribu des Navajos. L'épidémie se développa avec une létalité importante, puisque la moitié des personnes touchées en moururent. La forme clinique était différente de celle observée dans le Vieux monde : en effet, les syndromes associés n'étaient pas des syndromes rénaux, mais un syndrome pulmonaire, avec une létalité plus importante.

Depuis lors, on a découvert une vingtaine de nouveaux hantavirus en Amérique. Ceux mentionnés en rouge sur la diapositive sont pathogènes pour l'homme : on y trouve le virus Sin Nombre, mais aussi le virus Andes.

Depuis une trentaine d'années, le nombre de virus connus, d'épidémies et de cas humains associés est en augmentation.

Les zones dans lesquelles ont été recensés le plus grand nombre de cas de fièvres hémorragiques à hantavirus sont la Chine, l'Europe centrale et l'Europe de l'Est.

Il est intéressant d'étudier la co-évolution de ces virus avec leurs hôtes. Les *Hantaviridae* comptent quatre sous-familles : nous allons évoquer seulement celle qui

intéresse les mammifères, dont nous sommes, et notamment le genre Orthohantavirus qui contient actuellement 41 espèces, dont 25 pathogènes pour l'homme.

La barrière d'espèce est relativement forte pour ces virus, qui passent assez peu d'une espèce de rongeurs à l'autre. Les seuls passages de la barrière s'effectuent vers l'homme. Au laboratoire de l'Institut Pasteur, une chercheuse a d'ailleurs consacré sa carrière à la dissection de cette barrière d'espèce afin de comprendre les raisons pour lesquelles le virus ne passait pas d'un rongeur à l'autre. Chaque virus a son réservoir : cette co-évolution s'est effectuée probablement sur plusieurs millions d'années.

Ces virus sont-ils très variables ? L'ARN polymérase de ces virus va faire les mêmes erreurs que celles des autres virus à ARN. Ces virus vont plus ou moins évoluer, en fonction de leur niche génétique, de leur adaptation au cours du temps. Certains, comme les virus grippaux, évoluent rapidement à cause de l'instabilité de l'environnement de leur hôte. D'autres en revanche, bien que présentant les mêmes taux de mutations intrinsèques de la polymérase, ne varient pas : c'est le cas de la rougeole par exemple, dont le virus est stable et que l'on espère pouvoir éradiquer.

Les Orthohantavirus ont des ARN polymérases qui font les mêmes erreurs que les autres, mais leur évolution est lente. Cela est probablement dû à des contraintes liées au fait que chacun a co-évolué avec son hôte et trouvé le meilleur équilibre possible, si bien que toute mutation est contre-sélectionnée, ce qui induit une dérive antigénique relativement lente.

À côté de ces mécanismes de mutation, utilisés par tous les virus, il existe un mécanisme de réassortiment rendu possible par la nature segmentée du virus. On observe par exemple cela pour la grippe, avec les cassures antigéniques. La co-circulation de différentes espèces dans une même région d'endémicité peut créer des réarrangements viraux avec un potentiel risque de nouvelles émergences. On peut ainsi imaginer un passage du virus du groupe des rats vers celui des souris, à la faveur d'un réassortiment. Les autres mécanismes de variation génétique comme la recombinaison sont extrêmement rares pour les virus à ARN négatif.

Concernant la persistance du génome naturel et les pathologies humaines associées à ces virus, il faut savoir que le réservoir naturel principal de ces virus est constitué par les rongeurs. Les musaraignes, les chauves-souris et les taupes peuvent également héberger des hantavirus, mais il s'agit de virus qui leur sont propres. Seuls les virus de rongeurs sont capables d'infecter l'homme.

Les hôtes se contaminent par morsure, partage de nourriture ou aérosol, mais ne sont pas malades, en raison probablement de l'équilibre établi au cours de plusieurs millions d'années. On observe une infection chronique, persistante, multi-organe (poumons, reins, tube digestif). La répartition des virus est intimement liée à celle de leurs hôtes réservoirs, présents dans le monde entier. Il existe donc une inféodation du virus à son hôte.

On observe parfois, très rarement, des transmissions à l'homme, notamment par inhalation d'aérosols présents dans des déjections de rongeurs contaminés. Dans l'Ancien monde, cela se traduit par des fièvres hémorragiques à syndrome rénal. Dans le Nouveau monde, l'expression symptomatique est différente, puisqu'il s'agit de fièvres hémorragiques à syndrome cardio-pulmonaire. Le virus Andes fait partie des virus qui causent ce type de pathologie, alors que les virus de Tula ou de Prospect Hill ne sont pas pathogènes pour l'homme.

Cette diapositive présente l'arbre généalogique des virus : en rouge les virus de l'Ancien monde, avec le virus Puumala, assez séparé des autres, et en bleu ceux du Nouveau monde, qui ont tous une généalogie commune due à la séparation des continents et à l'évolution des virus.

L'importance médicale des hantavirus est la suivante : environ 12 800 cas par an en Chine, avec une létalité de 1,3 % (assez faible comparée aux taux rencontrés en Amérique), 300 à 600 cas par an en Corée du Sud, et 7 300 cas par an en Russie avec une létalité très faible de 0,4 %. En Europe, les derniers chiffres disponibles font état d'une moyenne de 2 811 cas par an entre 2016 et 2020. En Amérique, le nombre de cas est beaucoup plus faible, de l'ordre de 300 par an, dont seulement 30 aux États-Unis, mais avec une létalité importante de 35 %. Le Canada enregistre une moyenne de 109 cas par an. En Argentine, on dénombre en moyenne 120 cas par an. En définitive, le nombre de cas humains est relativement limité pour ces virus.

Ces virus causent des syndromes très différents dans l'Ancien et le Nouveau mondes. Ils présentent des taux de létalité très divers, pouvant parfois aller jusqu'à 50 % (moins de 100 cas par an). Ceux dont les taux de létalité sont plus faibles (jusqu'à 15 %) comptent plus de 150 000 cas par an.

Ces virus présentent des caractéristiques communes, parmi lesquelles le fait d'infecter des cellules endothéliales, mais aussi épithéliales, et de ne pas avoir d'effet cytopathique direct, mais une thrombocytopénie associée. Ils se caractérisent enfin par l'existence d'une fuite plasmatique hémorragique due à une altération des jonctions endothéliales observée à la fois dans les cas de syndromes pulmonaires et rénaux.

Le virus Andes est une espèce virale à part entière, qui compte de nombreux variants listés dans la diapositive qui vous est présentée. Vous pouvez observer en gris la répartition géographique de son hôte, *Oligoryzomys longicaudatus*. Tous les cas d'infection à virus Andes ou à ses variants sont localisés dans la région où se trouve le réservoir. Avec les voyages, ces virus peuvent toutefois sortir de la zone par l'intermédiaire d'un individu infecté.

Le virus Andes a été identifié pour la première fois en 1995, soit peu de temps après Sin Nombre. En 1996, une vingtaine de cas groupés, dont 10 létaux, ont été recensés à El Bolsón, au Sud-Ouest de l'Argentine. S'est alors posée la question de la possibilité de transmission interhumaine. En 1997, le virus Andes a été détecté chez un homme de 22 ans résidant au Chili. En 2018-2019, il a été identifié chez un homme de 70 ans s'étant rendu à une fête d'anniversaire à Epuyén en Argentine, alors qu'il était en phase prodromique et présentait déjà un état fébrile : 34 cas ont été confirmés suite à cette fête, dont 11 létaux. Là est la principale différence avec les autres Orthohantavirus, pour lesquels l'homme est un cul-de-sac épidémiologique : l'individu infecté est le dernier de la chaîne et ne transmet pas le virus à ses congénères. Le virus Andes fait malheureusement exception.

On retrouve la présence du virus dans différents compartiments : cellules blanches, plasma, salive, urine. Il a également été détecté dans le sperme d'un patient plus de 2 000 jours après l'infection.

Concernant les souches ayant causé les 13 cas actuellement confirmés ou probables, on observe que les séquences du cas français sont identiques sur les trois segments aux virus des cas des autres pays.

Les techniques mises en œuvre au centre de référence sont des détections moléculaires. La seule accréditée est la Pan-Hantavirus, puisque nous sommes spécialisés dans l'étude des hantavirus de l'Ancien monde. Il existe une structure complémentaire au centre de référence de l'Institut Pasteur de la Guyane, spécialisée dans les hantavirus d'Amérique du Sud. Nous disposons d'une PCR plus longue, nous permettant d'effectuer un diagnostic lorsque nous n'avons pas affaire à un virus dont nous sommes spécialistes. Deux autres PCR ont été développées par le Centre européen de référence, basé à Stockholm, dont nous faisons partie. Il existe aussi une PCR commerciale. L'un des éléments fondamentaux pour le diagnostic des hantaviroses dans l'Ancien monde, notamment en France, est la détection sérologique.

M. Yazdan Yazdanpanah, chef du service de maladies infectieuses et tropicales de l'hôpital Bichat – Claude-Bernard, directeur de l'Agence nationale de recherche sur le sida, les hépatites et les maladies infectieuses émergentes (ANRS). – Dans la première partie de mon exposé, je vais vous présenter, en tant que clinicien chercheur et dans le prolongement de l'intervention de Jean-Claude Manuguerra, ce que l'on sait des hantavirus, en me concentrant sur le patient et moins sur le virus. Dans la deuxième partie, j'interviendrai en ma qualité de directeur de l'ANRS pour vous donner quelques informations sur la recherche, à la fois sur ce virus et d'une manière plus générale.

Je n'ai pas de diapositives, mais vous disposez des éléments que nous envoyons régulièrement aux autorités. Nous pourrions, si vous le souhaitez, vous adresser des informations complémentaires à l'issue de la réunion.

Comme l'a expliqué Jean-Claude Manuguerra, il faut distinguer les hantavirus d'Europe et d'Asie de ceux des Amériques, qui ne renvoient pas exactement à la même histoire naturelle de la maladie. Les virus en provenance d'Argentine et du Chili présentent notamment deux particularités très importantes, d'une part une mortalité beaucoup plus élevée, de l'ordre de 35 à 40 %, d'autre part, pour ce qui concerne la souche Andes, une transmission de personne à personne qui a créé la situation rencontrée sur le bateau.

On observe en moyenne plus de 2 000 cas de hantavirus par an en Europe. Le CNR a reçu, au cours du premier trimestre 2026, 50 échantillons de 47 personnes, dont 19 ont été confirmées positives au hantavirus. Il existe donc en France des cas de hantavirus, mais de souches d'Europe et d'Asie pour lesquelles il n'y a pas de transmission de personne à personne et qui ont une mortalité plus faible. Il faut savoir que durant cette crise, un cas de hantavirus a été traité dans un hôpital parisien : cela a fait beaucoup de bruit alors qu'il s'agissait d'un hantavirus pour lequel il existait un cul-de-sac.

La transmission des hantavirus s'effectue en général par contact direct, par inhalation d'aérosols contaminés par les *excreta* de rongeurs, ces derniers étant asymptomatiques, et plus rarement par morsure. Le plus souvent, les personnes sont contaminées lorsqu'elles se rendent dans une cabane qui n'a pas été utilisée depuis longtemps et en balayant le sol : elles inhalent alors de fines particules contaminées et sont infectées. Lors de la récente épidémie, une personne s'est probablement infectée en Argentine, où elle a séjourné pendant la période d'incubation, avant de prendre le bateau, qui constitue l'endroit idéal pour transmettre un virus de personne à personne. Le cas est quasiment expérimental.

Le deuxième point majeur est la durée d'incubation, c'est-à-dire la période entre le moment de l'infection et celui où l'on développe des signes, des symptômes de la maladie. Cela explique pourquoi on n'a pas examiné les patients plus tôt. La durée d'incubation d'un

virus a toujours une borne supérieure et inférieure : on isole toujours les gens jusqu'à la borne supérieure pour ne prendre aucun risque. Il en va de même pour le virus Ebola. Le problème avec le hantavirus est que cette borne supérieure est de 42 jours, soit 6 semaines, ce qui est beaucoup. Cela explique l'isolement prolongé des personnes. La durée d'incubation moyenne est de trois semaines environ ; plus on approche des 42 jours, plus le risque d'être malade diminue.

Une autre question essentielle pour décider d'un éventuel isolement est de savoir si les gens sont contagieux avant d'être malades. Le problème avec le covid est que les gens devenaient contagieux 3 jours avant d'être malades, ce que l'on ignorait au début et qui a entraîné une pandémie à un tel niveau car les gens ne savaient pas qu'ils transmettaient la maladie. Pour le hantavirus, la situation est plus compliquée : il semblerait en effet que les gens aient le virus dans le sang 10 jours environ avant de devenir symptomatiques. La présence de virus dans le sang ne rend toutefois pas contagieux. On ne devient contagieux qu'à partir du moment où le virus est présent dans la salive, *etc.* Il existait des doutes à ce sujet. La formule de « phase prodromique » a été prononcée, mais personne ne sait vraiment ce qu'elle signifie. Certains disent que les gens infectés deviennent contagieux durant cette phase, au cours de laquelle le patient a de la fièvre, manque d'appétit, se sent fatigué, sans être encore réellement malade. Il s'agit d'une question importante mais difficile. Il est possible que l'on devienne contagieux 24 à 48 heures avant de présenter les symptômes de la maladie, mais ce n'est pas si clair que cela. La question de la contagiosité est très importante pour un virus comme celui-ci, qui se transmet de personne à personne.

La souche présente en Amérique induit une maladie grave, puisqu'elle présente un taux de létalité de 30 à 40 % y compris dans des pays comme l'Argentine et le Chili, dotés d'infrastructures sanitaires importantes. Elle cause une vasoplégie : le sang ou l'eau sortent des vaisseaux, ce qui conduit à des œdèmes du poumon et à des défaillances cardio-pulmonaires entraînant parfois la mort.

Il n'existe aucun traitement spécifique, seulement des candidats traitements, et aucun vaccin.

Nous avons, dans ce contexte, défini des priorités de recherche. Durant ces trois mois, nous avons été confrontés au hantavirus, puis à Ebola. L'année précédente, c'était le mpox. Il existe par ailleurs encore un vrai risque avec le H5N1. L'été dernier, des cas de virus West Nile ont été détectés à Paris, ce qui ne s'était jamais produit auparavant. Cela s'explique par la mondialisation, l'urbanisation, des relations différentes entre l'animal et l'homme et il est probable que de telles situations surviennent de nouveau.

Dans le cas du hantavirus, nous avons défini des priorités de recherche à court et à long termes. La priorité à court terme est d'essayer de mieux comprendre l'histoire naturelle du virus et de mettre en place des cohortes épidémiologiques européennes. Nous souhaitons avoir une vision européenne pour essayer de mieux comprendre l'histoire naturelle du virus et l'impact de l'isolement sur les personnes concernées, au long cours. Ces travaux concernent les Pays-Bas, l'Espagne, la France, l'Angleterre : nous travaillons ensemble sur les cas et les contacts observés. Il faut savoir qu'il n'y a eu, en l'occurrence, que 13 cas et qu'aucun des contacts, en dehors de ceux du bateau, n'est revenu infecté.

Un volet de recherche concerne les stratégies thérapeutiques. Une étude sur 13 cas ne permettra pas de déterminer quel traitement appliquer : nous devons pour cela travailler avec nos collègues chiliens et argentins, qui sont confrontés à une centaine de cas par an.

Maladie émergente signifie collaboration internationale : il ne faut pas que chacun travaille dans son coin.

Il n'existe pour l'instant aucun vaccin contre cette maladie. Il faut commencer à réfléchir globalement à ce qu'il est possible de faire sur le hantavirus mais pas seulement, et mettre en place des plateformes. La démarche est en cours. Le gouvernement a notamment financé un plan France vaccin, avec lequel nous collaborons pour essayer de créer des plateformes de recherche. C'est l'Inserm qui est chargé de cela. Au niveau de l'ANRS, nous essayons de constituer des groupes pour mettre ensemble les chimistes, les chercheurs fondamentaux, les virologistes et essayer de développer des traitements antiviraux susceptibles de fonctionner sur un certain nombre de familles virales. Nous faisons cela pour le hantavirus mais aussi pour d'autres virus, l'objectif étant de fédérer les chercheurs et de trouver les financements.

Nous observons enfin que chacune de ces crises épidémiques s'accompagne d'une crise sociétale, d'un phénomène d'« infodémie ». Ce fut le cas avec le hantavirus, pour lequel j'ai eu l'impression de revivre sur le plan médiatique le début du covid. Nous avons donc constitué à l'ANRS un groupe composé de chercheurs en sciences politiques, en communication, de journalistes et de chercheurs en santé et en sciences sociales pour tenter, d'une part, de comprendre ce qui se passe sur les réseaux sociaux, d'autre part, de ne pas en être simplement spectateurs, mais d'envisager la meilleure façon de lutter contre les fausses informations qui circulent et de mettre en place une stratégie pour les contrer et transmettre des messages justes à la population, en s'appuyant sur la recherche.

M. Pierre Henriët, député, premier vice-président de l'Office, corapporteur. – Il est toujours instructif de s'intéresser si ce n'est aux controverses, du moins aux zones d'ombre de la connaissance scientifique. Vous évoquiez la « période prodromique » : est-ce une question de concentration du virus, d'acuité des tests ?

M. Yazdan Yazdanpanah. – Peu de cas ont donné lieu à des publications. Santé publique France indique désormais que la phase prodromique dure 48 heures, mais de façon empirique. Nous avons pris en charge un patient, dont je peux témoigner du vécu : il nous a dit qu'il était fatigué et n'avait pas envie de manger. Peut-on qualifier cela de symptômes ? La difficulté se situe dans l'interprétation de ces signes ; mais dans le fond, je crois que cela ne change pas grand-chose. On peut considérer que le délai est d'environ 48 heures avant le début des symptômes.

M. Jean-Claude Manuguerra. – Il est probable que davantage de personnes aient été infectées à bord du bateau. Il a en effet été rapporté qu'un certain nombre de passagers avaient eu des coups de fatigue, voire des épisodes diarrhéiques, sans pour autant tomber malades. Il serait intéressant de regarder par la sérologie si d'autres personnes ont été affectées. Il est important d'insister sur le fait que seuls les cas présents sur le bateau ont développé des symptômes.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office, corapporteur. – Merci pour ces premiers éclairages, très précieux pour les non spécialistes de ces sujets que nous sommes.

La deuxième séquence de cette audition publique est consacrée aux zoonoses et plus particulièrement aux liens entre les activités humaines, les bouleversements climatiques et l'émergence des maladies infectieuses.

Pour mener cette réflexion à la croisée de l'écologie, de la santé et de l'épidémiologie environnementale, nous accueillons en visioconférence depuis la Thaïlande M. Serge Morand, écologue, biologiste et directeur de recherche au CNRS.

M. Serge Morand, écologue, biologiste, directeur de recherche au CNRS. – Je suis effectivement basé en Thaïlande où je dirige une unité CNRS qui s'intéresse précisément aux aspects de transmission des maladies, d'environnement et de politiques publiques. Nous utilisons pour ce faire des analyses globales et locales. Cela représente pour moi vingt ans de travail de terrain en Asie, qui viennent s'ajouter à d'autres expériences en Europe, en Afrique, en Amérique du Sud, spécialement sur la faune sauvage et les rongeurs, avec un fort dialogue entre sciences et politiques publiques. Il est intéressant de voir comment ces informations se traduisent dans des stratégies, que ce soit au niveau français, à l'échelle de la Commission européenne ou en termes de santé globale, dans les panels d'experts internationaux dont je fais partie.

Ma présentation va s'articuler autour de trois points : l'inconnu et le connu, l'aléa et le risque, et quelle forme pourrait prendre une prévention par l'approche « *One Health* » ?

L'exemple du hantavirus illustre parfaitement la question de l'inconnu et du connu. On pourrait le comparer aux virus d'Ebola ou de la grippe aviaire. Toutes les connaissances et les non connaissances sont importantes et affectent vraiment les politiques publiques. On connaît énormément de choses sur la souche Andes du hantavirus, qu'il s'agisse des réservoirs rongeurs et de leur écologie, très fortement associée aux humains, de l'influence de la perte de biodiversité et de la simplification des paysages, au travers de l'urbanisation et de la déforestation, des facteurs climatiques, y compris des anomalies de la variabilité climatique. Ainsi, Sin Nombre aux États-Unis était fortement dépendant du phénomène El Niño/La Niña : on entre actuellement dans un phénomène El Niño et on peut faire la prévision, en termes de risque, que la même chose se passera l'année prochaine. Il en va de même pour l'oscillation nord-atlantique (NAO) avec les hantavirus Puumala et Dobrava. L'événement NAO intervenu l'année dernière explique la survenue actuelle d'une épidémie. Il faut savoir que le ministère argentin de la santé, parfaitement informé de ces éléments climatiques, a émis une alerte en début d'année 2026. L'OMS a par ailleurs relativement bien géré la situation, car il existait des directives sur la conduite à tenir en cas d'épidémie dans un navire.

Il y a encore beaucoup d'éléments que nous ignorons, concernant notamment la transmission du virus et le passage entre espèces. La grippe aviaire, qui intéresse fortement l'Europe, et la France en particulier, illustre largement cette situation d'inconnu – connu. On sait que les oiseaux sauvages sont des réservoirs de virus généralement à faible pathogénicité et que les élevages à forte densité sont des lieux d'amplification et de sélection de virulence, particulièrement en Asie de l'Est. On connaît le rôle des transports de volailles et des migrations d'oiseaux dans la dissémination. On sait par ailleurs que les changements climatiques affectent les routes de migration, dont le passage du Nord-Est européen au Nord américain. L'inconnu a concerné d'une part la rapide extension du virus chez les carnivores marins et les oiseaux, avec des mortalités phénoménales, d'autre part le passage du virus à des vaches laitières aux États-Unis. Il s'agissait d'effets surprises.

Cela me conduit au deuxième temps de mon propos, visant à bien différencier l'aléa du risque. Prenons un exemple chez les rongeurs. Nous avons, avec des collègues chinois de l'académie de médecine de Pékin, effectué un *screening* (dépistage) sur près de

2 500 rongeurs d'une vingtaine d'espèces, collectés le long du Mékong : nous avons trouvé environ 500 000 souches et plus de 100 familles de virus. Cela nous renseigne-t-il sur le risque ? Pas vraiment.

Un autre exemple, toujours chez les rongeurs, mais urbains, est celui de la leptospirose. Une comparaison a été effectuée entre Paris et Manille, qui abritent les mêmes rongeurs urbains, notamment le rat brun, le même leptospire pathogène et des infections similaires. Le risque pour la population humaine observé à Paris est de 0 %, y compris pendant les jeux Olympiques. Il s'agit d'une maladie purement occupationnelle. À Manille en revanche, le risque pour la population est de 100 % chaque année.

Cela invite à effectuer une différence entre, d'une part, le danger, l'aléa que constituent le pathogène, le réservoir et parfois les vecteurs, leur évolution génétique et les adaptations écologiques, qui nécessitent des approches évolutionnistes, d'autre part, l'exposition. Chez nous, on ne parle pas vraiment de barrière d'espèce, car on sait que le contexte est mouvant, qu'il se produit des changements, des mouvements d'espèces, des adaptations au climat, des adaptations des habitats. L'exposition concerne les facteurs socio-économiques tels que l'habitat, la biodiversité, l'environnement, les transports, qui créent potentiellement de la vulnérabilité. Cette dernière est également liée à la qualité de nos systèmes de santé humaine, animale, environnementale. On note également un accroissement de la biovulnérabilité, dû notamment à l'augmentation des événements climatiques extrêmes. Tous ces éléments affectent les écosystèmes, les animaux et les humains, en termes notamment de physiologie, d'immunité, de mouvement, créant une exposition plus importante et un danger qui se rapproche des populations humaines.

Cela explique que l'approche « *One Health* » ait été mise en place et ait reçu notamment le soutien du gouvernement français, juste après le covid-19. Cela a conduit à la création d'un nouveau panel d'experts internationaux (OHHLEP), dont j'ai la chance de faire partie grâce aux approches de terrain et d'écologie, en lien avec les communautés locales. L'approche « *One Health* » donne une définition de ce qu'il faudrait faire, mais il faut pour cela qu'elle soit vraiment mise en action et ne reste pas un slogan. Elle doit permettre de réfléchir à la meilleure manière de se mobiliser autour des « 4 C », de collaborer entre disciplines et entre secteurs, de mieux travailler ensemble, avec la société civile et les politiques publiques, à toutes les échelles, de l'urbain au rural, du local au national, pour mettre en place des aspects de nature à soutenir des écosystèmes en bonne santé. Une bonne santé environnementale est absolument essentielle pour favoriser la bonne santé des humains et des animaux, domestiques ou sauvages.

L'approche « *One Health* » a été complétée par la définition d'une prévention en amont, demandée par la Banque mondiale pour le fonds pandémique et qui aurait aussi pu servir pour le Traité pandémique si ce dernier ne s'était pas englué, comme la Convention sur la diversité biologique, sur l'accès et le partage des bénéfices associés aux pathogènes.

Que signifie « prévention en amont » ? Cela se traduit par la formule « PPR » : préparation, prévention, réponse.

Jean-Claude Manuguerra et Yazdan Yasdanpanah vous ont présenté les aspects de préparation et de réponse, qui s'appuient sur les bons laboratoires de diagnostic, la bonne surveillance épidémiologique d'investigation, les bonnes capacités de santé publique, les recherches en vaccin et en thérapeutique et la gestion des impacts à long terme.

La prévention telle que définie dans le cadre d'OHHLEP doit se situer beaucoup plus en amont et prendre en compte la réalité des risques dans les environnements, les possibilités d'action sur les facteurs impliqués afin de réduire le risque de débordement des virus des populations animales ou des vecteurs vers les humains. Cela suppose une surveillance beaucoup plus intégrée.

La prévention en amont est vraiment l'application du principe de précaution : il n'est pas nécessaire de tout savoir pour agir. On sait déjà beaucoup de choses. Cela signifie mettre en place une surveillance intégrée reposant sur des informations environnementales : on parle de systèmes d'alerte précoce. Pour les hantavirus par exemple, on peut prévoir près d'un an à l'avance grâce à l'étude des populations de rongeurs ; on peut même les localiser sur des cartes. Mes collègues de l'Institut Pasteur peuvent agir de même pour la leptospirose, le choléra ou la fièvre de la vallée du Rift. On dispose pour cela de suffisamment d'informations biologiques et environnementales, qui permettent de réduire l'exposition en agissant à la source, à la fois sur l'aménagement des territoires pour une plus grande résilience territoriale, sur la lutte contre la dégradation des environnements et sur le développement d'approches innovantes, chimiques. De tels projets sont portés par la France, dans le cadre notamment de l'initiative PREZODE et du projet ASAMCO que je conduis au Laos et en Thaïlande.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office, corapporteur. – Merci pour ce propos qui nous éclaire autant qu'il nous interpelle. Nous avons déjà éprouvé un sentiment similaire lors de l'audition publique sur la dermatose nodulaire, lors de laquelle l'accent avait été mis sur le nombre de virus en circulation et les potentielles épidémies à nos frontières, dont on sait qu'elles vont se développer. Les épidémiologistes ont vocation à effectuer ce travail de prévention et d'alerte des pouvoirs publics. Nous avons tous été marqués par l'épidémie de covid-19, qui nous a totalement pris au dépourvu. S'il n'est pas très rassurant de savoir que l'on a identifié les virus qui sont à nos portes, que l'on prévoit leur développement et qu'il est possible de quantifier ces phénomènes grâce à des mesures effectuées sur les espèces réservoirs, il est rassurant de savoir que ces éléments doivent permettre aux pouvoirs publics d'effectuer de la prévention, d'être prêts le moment venu et de ne pas céder à la panique comme ce fut le cas il y a six ans.

L'audition étant diffusée en direct, je me permets de relayer une question posée par un internaute qui se demande, sachant que 150 000 cas de hantavirus sont décrits tous les ans, comment sont traités les patients. Il signale que le professeur Lacombe a évoqué l'antiviral favipiravir comme candidat potentiel et souhaite savoir si des études en ont démontré l'efficacité chez l'homme.

M. Yazdan Yazdanpanah. – Aucune étude n'a montré l'efficacité du favipiravir. Il faut vraiment être très prudent et faire la distinction entre les candidats traitements et les traitements validés. Le favipiravir est un candidat traitement pour le hantavirus ; c'est pour l'instant un traitement contre la grippe validé au Japon, mais rien ne démontre son efficacité chez l'homme dans le traitement du hantavirus. Il est important de monter des partenariats avec les pays où le virus est présent de manière plus fréquente, notamment le Chili et l'Argentine, afin d'évaluer l'efficacité de tels candidats.

Permettez-moi d'évoquer l'exemple de mpox, maladie pour laquelle on a utilisé une molécule pendant trois ans alors que l'on disposait seulement de données précliniques animales, mais d'aucune donnée clinique. Trois études cliniques, dont une que nous avons menée sur financement de la Commission européenne, ont montré que cette molécule, le

tecovirimat, n'avait aucune efficacité. Utiliser un médicament dont on ne connaît pas l'efficacité peut être dangereux pour le patient et générer des coûts inutiles. Il est vraiment important que les traitements soient validés. Or le favipiravir n'est pas un traitement validé, seulement un candidat traitement, à utiliser uniquement dans le cadre d'essais cliniques encadrés.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office, corapporteur. – Vous indiquez, à propos du bateau sur lequel ont été détectés les cas de hantavirus, qu'il existait des signaux faibles, dont il était difficile de savoir s'ils constituaient ou non des symptômes. On peut en effet être fatigué et ne pas avoir faim sans être nécessairement porteur du virus.

Je m'interroge sur le faible nombre de cas recensés au regard de la relative promiscuité qui règne dans un bateau accueillant plusieurs dizaines de personnes. Certaines d'entre elles n'ont peut-être pas signalé leur état de fatigue ou leur manque d'appétit, qu'elles ont interprété comme un élément normal dans le flux de leurs vacances. J'imagine que le fait de savoir pourquoi certains passagers ont déclaré la maladie et en sont morts alors que d'autres n'ont ressenti qu'une fatigue résiduelle constitue une source de recherche active.

M. Didier Lepelletier, directeur général de la santé. – Il faut insister sur le fait que le mode de transmission de ce virus est différent de celui observé pour le SARS-CoV-2. Ce virus a un tropisme endothélial qui entraîne la fuite capillaire : on parle d'infection respiratoire, mais il s'agit plutôt en réalité d'œdème pulmonaire. Des études ont été citées, parmi lesquelles celle menée en 1997 au Chili, qui a consisté à suivre 76 personnes infectées par hantavirus Andes et à prélever, dans un espace-temps donné, tous les contacts croisés par ces patients dans leur vie sociale. Quelque 490 prélèvements ont ainsi été effectués, parmi lesquels 16 positifs dont deux avaient une relation avec l'environnement sans que l'on puisse identifier une transmission croisée, deux pour lesquels un doute existait et 12 dont on avait la certitude qu'il s'agissait de transmission croisée. L'étude a permis de comparer ces sujets à l'ensemble des contacts négatifs. Cela a mis en évidence, parmi les facteurs de risque d'acquisition de la souche, le fait de dormir dans la même chambre, d'avoir des baisers profonds (c'est la matrice salive) et des relations sexuelles. En revanche, le fait de dormir dans une chambre séparée au sein d'un même habitat apparaît comme un facteur protecteur. Il existe donc une transmission interhumaine, mais pas si facile que cela.

L'étude conduite en Argentine et publiée dans *The New England Journal of Medicine* en 2020 considérait le R_0 du hantavirus, coefficient de reproductibilité popularisé par le covid. À titre de comparaison, le R_0 le plus important est celui de la rougeole : il se situe entre 12 et 18, ce qui signifie que chaque cas de rougeole donne autour de lui 12 à 18 cas secondaires, dont chacun donne à son tour autant de nouveaux cas. Il s'agit d'une pathologie qui se transmet à distance de celui qui émet le virus. On arrive ainsi à quantifier le risque de propagation d'une maladie. Plus le R_0 est élevé, plus la maladie est en phase d'expansion épidémique. Lorsqu'il se rapproche de 1 ou est inférieur à 1, on éteint la transmission croisée. Il s'agit d'un marqueur de suivi. Pour le hantavirus, l'article argentin montrait que pendant les phases de fête, le R_0 se situait au-delà de 2, mais que dès que des mesures d'hygiène et de prévention étaient mises en œuvre, alors il tombait en-dessous de 1, précisément à 0,92. Même si l'on est sur un bateau, dès lors que l'on occupe des cabines séparées, il est possible de se protéger si un décès survient. Il faut savoir que si l'atmosphère est fraîche et humide, les *excreta* de rongeurs pygmées de rizières à longue queue relarguent un aérosol. On devine ainsi que le couple de Hollandais atteints et finalement décédés est monté contaminé à bord le 1^{er} avril. Le mari (il s'agit de l'un des cas dont on n'a pas eu de confirmation

microbiologique) a présenté des symptômes le 6 avril et est décédé le 11. Sa femme a voulu rejoindre les Pays-Bas et a pris un avion entre Sainte-Hélène et Johannesburg, à bord duquel elle a rencontré 8 Français en vacances. Entre Johannesburg et sa destination finale aux Pays-Bas, elle a été en contact avec 19 personnes qui avaient des correspondances pour revenir en France. La femme a fait un malaise à bord et a été débarquée avant le décollage. Elle présentait les premiers symptômes et est décédée en réanimation à Johannesburg. La transmission est possible, mais somme toute difficile. Les seuls cas observés ont été au nombre de 13. L'un des deux derniers se situait en Espagne ; l'autre concernait un membre d'équipage néerlandais du bateau de croisière. Les cas mondiaux viennent du bateau et non de cas secondaires issus des autres passagers des vols.

M. Yazdan Yazdanpanah. – J'aimerais vous raconter une anecdote : sans doute connaissez-vous Simon Cauchemez, qui faisait les modélisations pendant le covid et annonçait le nombre de cas potentiels. Au début de l'épidémie à hantavirus, nous avons organisé une réunion pour essayer de mettre les sachants autour de la table. Lorsque Simon Cauchemez a eu connaissance du nombre de cas, en moyenne 100 par an en Argentine, il a indiqué qu'une telle maladie avait de façon certaine un R_0 inférieur à 1. Comme indiqué par le directeur général de la santé, seuls des rapports extrêmement rapprochés peuvent expliquer la transmission : à l'occasion d'une fête d'anniversaire, de rapports sexuels ou par le seul fait de dormir dans le même lit. Il faut toutefois préciser qu'au début d'une épidémie, on ignore toujours ce qui va advenir.

M. Didier Lepelletier. – Pendant l'épidémie de covid, s'étaient posées des questions d'organisation : lorsque les internes déjeunaient ensemble, fallait-il qu'ils s'installent en quinconce ? Lors d'une fête, on crie, on chante, on parle fort, on est proche. Cela explique probablement l'épidémie en Argentine dont je vous ai parlé.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office, corapporteur. – Vous nous expliquez donc en creux qu'il n'y a pas véritablement eu de contacts rapprochés pendant la croisière, ce qui constitue une information positive. Les matheux parmi nous interpréteront le R_0 comme la raison d'une suite géométrique qui tend rapidement vers une croissance exponentielle dès que la raison est supérieure à 1.

M. Pierre Henriot, député, premier vice-président de l'Office, corapporteur. – La troisième et dernière séquence de cette audition publique va être consacrée non pas à une démarche mathématique, mais à une approche de sciences sociales, notamment historique. Nous tenterons ainsi de comprendre comment l'épidémie récente de hantavirus éclaire la manière dont les risques infectieux sont perçus par les citoyens et évoqués dans le débat public. Nous dresserons ensuite un premier retour d'expérience sur la gestion de l'épidémie de hantavirus par les pouvoirs publics.

Nous accueillons tout d'abord M. Patrice Bourdelais, démographe, historien, auteur d'un récent ouvrage qui analyse nos rapports aux épidémies, à la croisée de l'anthropologie et de l'histoire.

M. Patrice Bourdelais, démographe, historien. – Je vais tenter de répondre à la délicate question qui m'est posée en essayant de croiser l'hyper-réaction observée à l'occasion du phénomène épidémique survenu à bord du bateau de croisière et la représentation que nos contemporains ont du danger épidémique.

Nos contemporains ont vécu l'épidémie de covid-19, la crainte de la contagion, de la mort, les restrictions d'activité et de mouvement engendrées par les décisions de confinement. La survenue du covid a créé un choc culturel et une rupture des représentations présentes chez les Européens.

J'en profite pour faire une rapide parenthèse : il ne faut jamais oublier, même si j'ai le sentiment que tout le monde l'oublie, par modestie peut-être, que les pays d'Europe occidentale ont été les seuls à l'origine de la mise en place d'un dispositif de protection contre les grandes pandémies, depuis la peste noire. Cela s'est fait lentement, mais l'accumulation a été unique au monde. C'est cet héritage que l'on a vu ressurgir lorsque les Italiens ont pris une décision massive de blocage de l'ensemble de la population à l'arrivée du covid-19 dans la région de Milan. Ils sont retombés dans ce qu'ils avaient su faire.

L'épidémie de covid a créé un grand choc chez les populations européennes, qui avaient en tête la construction d'un horizon historique d'éradication des épidémies, né au début du XIX^e siècle à la faveur du développement de l'idéologie du progrès et du mouvement scientifique. On avait réussi à stopper la peste, la variole. Puis sont intervenus l'ère pastorienne, la bactériologie, les vaccins, les sulfamides, les antibiotiques. Même si on nous promet toujours que cela finira par mal se passer à cause du développement d'antibiorésistances, on nous annonce aussi l'arrivée de nouvelles familles d'antibiotiques. J'ai surtout, en tant que chercheur, vécu cette thématique dans les années 1990-2000 : au fond, on n'a pas été si surpris que cela par le « *big one* » si je puis dire, puisqu'on l'attendait depuis vingt ans. Tous les critères qui favorisent une épidémie (je pense en particulier à la mondialisation, à la croissance forte du tourisme, à la multiplication des vols aériens, etc.) devaient conduire un jour ou l'autre à un « *big one* », pour utiliser une expression employée en principe dans d'autres disciplines. Les Européens avaient fini par considérer que les grandes épidémies appartenaient à leur passé et étaient réservées aux pays du Sud ; et cela leur convenait bien ainsi.

Cette expérience forte et personnelle qu'a constitué le covid m'a poussé à écrire un livre en partant de ce moment particulier et du changement de questionnement qu'il nous a imposé.

L'autre aspect du sujet concerne la mémoire collective des épidémies du passé. La connaissance des grandes pandémies par la population est due aux travaux historiques, mais surtout au cinéma, aux romans, à la fiction et aux grands programmes audiovisuels. Lors de la pandémie de covid-19, les gens avaient immédiatement en tête, lorsqu'ils étaient interrogés par des journalistes, les épisodes de peste noire et la grippe espagnole. La peste noire renvoyait à l'idée de quarantaines, de lazarets, de cordons sanitaires pour se protéger au maximum du danger extérieur. Les quarantaines ayant été peu à peu abandonnées au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, cela a étayé l'idée que cet horizon historique était en marche et que l'on allait y arriver. Le livre d'un spécialiste de l'OMS paru en 1965 s'intitulait *The end of infectious diseases*. Il se trouve que l'étiage de la mortalité hospitalière en France correspond au début des années 1970. On a ainsi connu un moment d'adhésion forte à ce modèle.

Le *MV Hondius* est l'image d'Épinal de l'épidémie qui arrive. Que faire ? La solution première est de bloquer le bateau. J'ai eu l'occasion de discuter il y a une semaine avec une ancienne navigatrice de l'air qui m'a expliqué qu'elle n'avait pas compris pourquoi on n'avait pas bloqué le bateau, car c'est toujours ainsi que l'on avait procédé jusqu'alors.

Chacun, y compris les personnels de santé, avait à l'esprit la nécessité de bloquer le navire et ses passagers, de les mettre en quarantaine sur le modèle du lazaret.

L'idée était également d'exiger avant de les libérer l'application d'un protocole sanitaire très strict, car les souvenirs conservés concernent précisément les cas dans lesquels la quarantaine n'a pas marché, comme lors de la peste de Marseille de 1720. Cela a instillé l'idée, largement répétée y compris par mes amis médecins spécialistes des infections, selon laquelle la quarantaine ne servait à rien, ce qui est faux. Le confinement lors du covid l'a montré, avec une baisse de 84 % du danger de contamination. Il faut simplement que la quarantaine mise en place soit très dure, comme celle décidée du temps de Colbert lorsque la peste descendait du Nord, des Provinces-Unies : Colbert, qui ne peut pas être suspecté de ne pas s'intéresser à l'industrie et aux activités commerciales, a tendu un cordon sanitaire entre le Nord de Rouen et le Nord de Reims, plaçant à l'abri la capitale et plusieurs régions manufacturières, au moment où Londres connaissait sa grande peste. La même chose a été faite en 1720, lorsqu'on mobilisa le tiers de l'armée française pour construire des cordons sanitaires autour de Marseille et de la Provence en les reculant lorsqu'ils étaient dépassés, conduisant petit à petit à une extinction de l'épidémie. Il faut savoir que les conditions imposées étaient très dures et que l'armée tirait sur toute personne souhaitant franchir la limite.

J'en viens au débat politique récurrent, fondamental. Alors que Dubrovnik avait, lors de précédentes épidémies de peste noire, perdu la moitié de sa population, comme beaucoup d'autres villes en Europe, la décision y fut prise, lorsque la peste revint en 1377, de refuser l'entrée du port aux bateaux. Ce fut le début des quarantaines. Fait extraordinaire, le débat qui a eu lieu au sein du conseil de cette ville est parvenu jusqu'à nous, témoignant de l'opposition frontale entre les tenants de la sécurité sanitaire et démographique et les partisans de la poursuite de la vie commerciale, économique et sociale. Depuis lors, à chaque épidémie, la discussion se situe à ce niveau : où placer le curseur entre protection sanitaire et démographique et maintien de l'activité économique et sociale ? On en est toujours là.

Quelles leçons tirer de tout cela ? Des dimensions d'anthropologie historique sont fortement apparues. J'y reviendrai.

L'un des aspects majeurs réside dans l'importance de la veille sur le danger épidémique, qui existe depuis la peste noire et n'a fait que s'améliorer, jusqu'à celle exercée par l'OMS. Il ne faut pas croire qu'il s'agisse là d'un phénomène récent, même si les canaux et les acteurs impliqués étaient différents. Il existait, au XVIII^e siècle mais aussi au XVII^e siècle en Méditerranée, grâce aux consuls, de véritables réseaux qui imposaient les obligations les plus fortes aux ports dont les contrôles s'affaiblissaient.

Vous connaissez la figure présentée sur cette diapositive : le schéma est facile à montrer *a posteriori*, mais malheureusement difficile à réaliser lorsque l'on vit l'événement. Les travaux d'épidémiologistes de Bordeaux montrent que si, lors du covid, on avait anticipé le confinement d'une semaine, on aurait pu éviter entre 18 000 et 22 000 morts. Faute de cela, la pente devient hyperbolique.

On a observé par ailleurs lors de la période covid que les chercheurs et les laboratoires avaient réagi très vite. Personne n'aurait pu imaginer que l'on disposerait d'un vaccin dans l'année.

Quelles sont les caractéristiques récurrentes relevant plutôt de l'anthropologie historique ? L'incrédulité, la stupeur, la peur, le repli sur soi et la fuite sont des constantes observées en Europe occidentale depuis la peste noire jusqu'au covid, sans interruption et à l'exception de la grippe. Lors du confinement, les 24 heures laissées aux personnes pour fuir les agglomérations et s'en aller vers les campagnes pour se protéger du danger font écho à ce que les nobles et les riches marchands faisaient systématiquement en cas de peste. C'est la raison pour laquelle on a vu des files de voitures interminables se former en direction de la province. Il s'agit d'un phénomène de long terme.

Le règne des rumeurs est également un élément récurrent. Même sans les réseaux sociaux, les rumeurs étaient nombreuses, se diffusaient énormément et pouvaient conduire à des meurtres. La désignation de boucs émissaires se retrouve à toutes les époques, y compris pendant le covid.

On observe également de façon constante une union sacrée contre le danger épidémique pendant une première période d'un, deux ou trois mois selon les épidémies et les moments ; puis chaque acteur de la vie publique et économique joue sa partition en essayant d'instrumentaliser l'épidémie. C'est vrai des partis politiques, mais aussi des syndicats, des professions, des pouvoirs notamment religieux qui profitent du moment pour essayer de reconquérir le terrain éventuellement perdu. Cela se traduit en outre par des manifestations contre les autorités.

On retrouve par ailleurs toujours la nécessité d'apporter de l'aide aux populations dans le désarroi. Cette démarche est le fait d'entités et d'acteurs différents au fil du temps : institutions religieuses lors de la peste noire, puis de plus en plus municipales aux XVI^e, XVII^e et XVIII^e siècles, un peu plus étatiques ensuite.

Une autre constante est la forte mortalité des plus humbles, quelle que soit l'épidémie. Quand j'étais jeune, on cherchait à déterminer des facteurs explicatifs : conditions de travail, dureté des temps, mauvais régime alimentaire. Puis on a effectué de nombreux tests de corrélation entre telle épidémie et tel régime alimentaire par exemple, pour s'apercevoir que cela avait de l'importance pour certaines épidémies et aucune pour d'autres. En revanche, ce qui est permanent et caractérise au fond les plus pauvres est le fait de ne pas disposer d'emploi stable. Par le passé comme aujourd'hui, ils se trouvent contraints de beaucoup bouger dans la ville pour survivre et acquérir les ressources quotidiennes dont ils ont besoin. Il s'agit d'un facteur de risque considérable. C'est la loi, pourrait-on dire, et l'on n'a jamais rien pu faire contre jusqu'à présent. On sait que cela va arriver, mais l'on ne parvient pas à l'empêcher.

Je voudrais terminer en soulignant un changement de sensibilité à l'égard de la mort épidémique au fur et à mesure que la diminution de la mortalité s'accroît et que l'on attribue aux pouvoirs publics la responsabilité de la santé publique et de la sécurité sanitaire, ce qui n'a pas toujours été le cas.

Quelques chiffres pour marquer les esprits. Le covid-19 s'est caractérisé en France par un taux de mortalité de 1 pour mille, ce qui en a fait la troisième cause de mortalité en 2020. Or on n'a pas parlé des deux premières ; le covid a été l'événement social de l'année.

Le précédent pic de mortalité en France était lié à la grippe de Hong Kong, que tout le monde a oubliée, avec un taux de mortalité de 0,7 pour mille en deux mois seulement, entre décembre 1969 et janvier 1970.

La grippe russe de 1889-1890 avait une mortalité de 2,5 pour mille et la grippe espagnole entre 4 et 7 pour mille.

Le taux de mortalité du choléra était, selon les épidémies, de 2,5 à 4 pour mille à l'échelle de la France et de 2,5 % à Paris, soit un facteur 10. Cela peut sembler important, mais ne l'était pas tant que cela en comparaison avec ce que les populations avaient connu auparavant : les grandes épidémies de fièvre jaune du milieu du XVIII^e siècle avaient par exemple une mortalité de 12 à 15 %, y compris en Europe, et les pertes humaines étaient de 30 à 50 % lors des pestes sévères. On observe donc un saut d'échelle considérable.

Tout cela s'entrecroise avec la conviction d'être en bonne voie pour atteindre l'horizon historique de contrôle et d'éradication des épidémies, mais transforme aussi les exigences de la population en termes de demandes adressées aux pouvoirs publics.

M. Yazdan Yazdanpanah. – Je sais que cela ne reflète pas votre position, mais l'idée selon laquelle il fallait laisser les gens en quarantaine dans le bateau a beaucoup circulé, notamment sur les réseaux sociaux. Or cela n'est pas envisageable avec une maladie qui présente un taux de mortalité de 30 à 40 %. Il n'y a pas de matériel de réanimation sur un bateau : un patient qui survit s'il est pris en charge à l'extérieur serait mort s'il était resté à bord.

M. Patrice Bourdelais. – Mon propos consistait simplement à signaler que de tels comportements avaient existé. Sur le plan de l'éthique, c'est évidemment insoutenable aujourd'hui.

M. Didier Lepelletier. – Rester sur le bateau aurait constitué pour les patients une grande perte de chances. J'ajoute à cela que 23 nationalités étaient présentes et que chaque pays est souverain en matière de sécurité sanitaire. Garder les gens sur le bateau aurait été, sur le plan international, un casse-tête législatif et réglementaire.

On dispose par ailleurs de capacités de transfert et de prise en charge sécurisées pendant le transport, avec des professionnels formés, puis de possibilités de quarantaine pour les personnes contacts et d'installation en service de soin ou de réanimation selon l'état clinique des patients, dans des conditions de sécurité infectieuse pour les professionnels de santé.

M. Pierre Henriet, député, premier vice-président de l'Office, corapporteur. – Nous allons quitter l'approche historique pour en venir au temps présent, avec l'intervention de M. Didier Lepelletier, directeur général de la santé. La DGS entame tout juste son retour d'expérience sur la gestion de l'épidémie déclarée sur le bateau, qui a nécessité d'importants efforts de coordination avec les autorités des 22 autres États dont étaient ressortissants les passagers et a soulevé de nombreux enjeux en matière de communication, notamment pour informer et rassurer les citoyens.

M. Didier Lepelletier. – Je tiens en préambule à signaler qu'à la suite du retour d'expérience de la covid, un centre de crise sanitaire a été mis en place au sein de la direction générale de la santé en mars 2024. Bien évidemment, il ne s'agissait pas d'une création

de novo : il existait depuis très longtemps à la DGS une sous-direction de veille et de sécurité sanitaire. Des efforts conséquents en matière d'organisation, de ressources humaines ont néanmoins marqué le post-covid, avec l'installation au sein de la DGS d'un centre de crise composé du Coruss (Centre opérationnel de régulation et de réponse aux urgences sanitaires et sociales), d'une unité de coordination et d'une sous-direction de préparation aux crises. On y parle de retex, de formation, d'exercices, d'anticipation, de surveillance. Ce centre de crise est en quelque sorte l'organe national de référence en termes de crise infectieuse. Il ne travaille toutefois pas seul. En effet, si les crises sont infectieuses par leur mode d'entrée, elles débordent toujours sur d'autres pans de la société ; si elles sont d'origine non infectieuse (je pense notamment au passage du cyclone Chido à Mayotte), les conséquences sanitaires ne tardent pas à survenir. Le centre de crise sanitaire de la DGS travaille donc, selon l'importance de la crise dans la société, avec d'autres centres de crise d'autres ministères, notamment le centre de crise et de soutien du ministère des affaires étrangères et le Cogic, centre de crise du ministère de l'intérieur.

La question des hantavirus ne concerne pas uniquement une maladie, rare de surcroît. Elle est le révélateur d'un défi beaucoup plus large : celui de notre capacité collective à anticiper les maladies émergentes d'origine animale. Il faut savoir que 75 % des maladies infectieuses émergentes chez l'homme sont d'origine zoonotique.

Les épisodes récents, qu'il s'agisse du covid-19, de l'influenza aviaire que l'on surveille très régulièrement avec la direction générale de l'alimentation (DGAL) et l'Anses notamment, de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo, du West Nile virus ou des hantavirus, montrent que les interfaces entre la santé humaine, la santé animale et la santé environnementale deviennent des espaces majeurs de risques sanitaires. Le sommet souhaité par le président de la République le 7 avril dernier à Lyon a soulevé l'importance de la démarche collective de « *One Health* », qui n'est plus simplement un concept mais est devenue très opérationnelle, dans le cadre de la résistance aux antibiotiques partagée entre les mondes animal et humain comme pour l'ensemble des pathologies émergentes.

Les hantavirus présentent la particularité d'être naturellement hébergés par des rongeurs, en l'occurrence les rats pygmées de rizière à longue queue sauvages, qui sont asymptomatiques. L'homme est un hôte accidentel. C'est le cas probablement du couple néerlandais qui est monté à bord du bateau le 1^{er} avril. La contamination peut s'effectuer par les urines, la salive, mais essentiellement par inhalation de poussières issues des excréments ou des urines des rongeurs.

Il ne s'agit pas forcément d'une maladie transmissible à l'homme dans les formes européennes, mais bien d'une maladie environnementale dont la fréquence dépend de facteurs écologiques très précis.

La véritable leçon est que nous devons passer d'une logique de réaction à une logique d'anticipation.

La première diapositive synthétise le bilan de l'épidémie, qui n'a pas bougé à date. Les quatre contacts pris en charge à l'hôpital Bichat arrivent au terme de leurs 42 jours d'isolement. La patiente qui a développé les symptômes dans l'avion lors de son rapatriement, le 10 mai, reste hospitalisée. Ces cinq ressortissants français sont tous des passagers du bateau. À ce stade, 13 cas sont confirmés ou probables, ce qui signifie que les personnes ont développé la maladie mais que l'on ne dispose pas de documentation microbiologique l'attestant (ce fut notamment le cas du premier patient décédé). On compte trois décès à ce

jour. 88 personnes, dont cinq ressortissants français, ont été rapatriées le 10 mai. Il s'agissait d'une croisière animalière, avec des escales aux Falkland, à Sainte-Hélène et une arrivée prévue au Cap-Vert : des sorties ont eu lieu à chaque étape. La femme décédée par la suite est ainsi descendue à Sainte-Hélène. Aucun nouveau cas n'a été recensé depuis le 25 mai, date d'atterrissage de l'avion reliant Johannesburg aux Pays-Bas. Huit régions ont été concernées, car les passagers du deuxième vol ont atterri à Marseille, à Lyon, à Paris.

Lorsqu'il a eu connaissance de la situation d'alerte (j'étais d'astreinte ce week-end du 1^{er} mai), le centre de crise sanitaire était mobilisé par la rave party de Bourges et les incidents sanitaires susceptibles de se produire en marge de ce type d'événement. Une première réunion s'est tenue le dimanche à 17 heures à Matignon en présence du Premier ministre, de son cabinet, de quelques ministres. J'accompagnais pour ma part la ministre de la santé, Stéphanie Rist.

On sait que la moyenne de survenue de la maladie dès lors qu'une personne s'est contaminée ou a été exposée se situe autour de la troisième semaine ; mais cela peut aller jusqu'à 42 jours, raison pour laquelle la décision d'une quarantaine sévère a été prise. Tous les experts présents ont validé l'idée d'une sécurité maximale à maintenir en cas de quarantaine.

On parle de quarantaine, mais aussi parfois d'isolement ou d'éviction. La notion de quarantaine vient du XIV^e siècle. Les armées mongoles, qui assiégeaient alors la ville de Caffa dans laquelle les Génois étaient retranchés, étaient confrontées à des morts par fièvre et durent se retirer après avoir été décimées par la peste, non sans avoir au préalable jeté des cadavres pestiférés par-dessus les fortifications, contraignant les Génois à abandonner la ville à leur tour. Mais avant de rentrer à Gênes, les Génois ont fait le tour de la Méditerranée pour vendre leurs cargaisons, s'arrêtant notamment à Venise où les premiers agents de santé publique maintenaient des quarantaines sur les îlots de la lagune.

Dans l'affaire qui nous occupe, les quarantaines ont pris fin le 6 juin pour l'ensemble des passagers, dans la mesure où étaient pris en considération les contacts intervenus lors du dernier vol, le 25 avril. Pour les quatre contacts sans pathologie à ce jour, la quarantaine prendra fin le dimanche 21 juin. Je viens d'ailleurs de recevoir un texte à insérer sur le site du ministère pour anticiper la communication de dimanche.

Comment gère-t-on ce type d'événement ? Comment met-on en place un dispositif de réponse ?

Le principe directeur est la précaution maximale, qui a immédiatement constitué la ligne de conduite politique. Il s'agissait d'identifier, d'isoler et de casser précocement toute chaîne potentielle de transmission. Le but était d'éviter toute transmission croisée, de mettre en place la sécurité maximale autour des contacts et de faire en sorte qu'il n'y ait pas de cas secondaires sur notre territoire. Cette ligne de conduite a été totalement partagée, à la fois par les politiques, les administrations centrales et les experts. Or le meilleur moyen de ne pas avoir de cas secondaires à partir des passagers était de les mettre sous surveillance, en quarantaine, en milieu hospitalier, dans des établissements habilités à faire face aux risques émergents, comme l'hôpital Bichat. J'en profite pour remercier tout particulièrement l'Institut Pasteur et notamment la CIBU (cellule d'intervention biologique d'urgence) qui est capable d'effectuer des prélèvements en urgence. Je demandais en effet durant les premières semaines à recevoir les prélèvements préliminaires des patients en quarantaine à 3 heures du matin, puis

le deuxième test PCR à 6 heures, car la positivité d'un résultat aurait bien évidemment complètement modifié la prise en charge.

Le dispositif de réponse à la crise s'appuyait sur une coordination opérationnelle autour de la ministre et de la direction générale de la santé. Nous nous sommes entourés d'experts de Santé publique France, de la Coreb qui coordonne les centres de maladies infectieuses spécialisés en risques épidémiologiques et biologiques, de l'Institut Pasteur pour le diagnostic et du CNR. Le séquençage du génome du virus a été rapidement effectué pour s'assurer qu'il s'agissait d'un virus non muté. En effet, plus un virus mute, plus sa chaîne en acide nucléique est longue et plus il a tendance à muter et possiblement à avoir une transmissibilité accrue. Il était en outre très important pour nous de travailler en collaboration avec l'ANRS-MIE, c'est-à-dire avec la recherche. Lors de chaque réunion de sécurité sanitaire du mercredi matin depuis vingt ans, tous les signaux, infectieux ou non, sont passés en revue : j'ai souhaité, depuis mon arrivée, que l'ANRS-MIE y participe afin que la recherche soit associée d'emblée à l'examen de chacun des signaux susceptibles d'engager la santé des populations.

Lorsque des crises sanitaires surviennent, la communication est le nerf de la guerre. La DGS et son centre de crise disposent de vecteurs de communication en direction de l'ensemble des professionnels de santé : on parle de messages DGS-Urgent, de MARS (messages d'alerte et de réponse sanitaire) à destination des établissements de santé et de MINSANTE à l'attention des ARS qui vont décliner les mesures prises. Dans le cas du hantavirus, huit régions ont été concernées et nous étions en contact plusieurs fois par jour avec les ARS pour identifier et repérer les passagers entre leur arrivée et leur mise en quarantaine dans les hôpitaux. S'ajoute à cela le fait que figuraient dans cette liste des ressortissants étrangers qui travaillaient sur notre territoire et qu'il a fallu aller chercher.

Un cadre juridique d'urgence a été déployé sans délai. La quarantaine a été imposée aux passagers, ce qui a nécessité des vecteurs législatifs et réglementaires adaptés, dont un décret collectif pour l'ensemble des passagers et des croisiéristes, puis des arrêtés nominatifs émis par les préfets de la zone où le passager concerné avait atterri sur notre territoire. Les arrêtés de quarantaine ayant une durée de validité de 14 jours, il convient, au bout du 10^e jour, de saisir un juge du territoire concerné pour qu'il en valide la prolongation. Ces prolongations sont elles-mêmes soumises à la signature par un médecin d'un certificat justifiant le maintien en quarantaine dans un cadre collectif. On n'a pas nécessairement à l'esprit les conséquences et le travail juridique engendrés par ces situations. Nous avons sollicité toute l'expertise scientifique française, qui nous a vraiment éclairés. Nous étions nous-mêmes mobilisés sept jours sur sept et 24 heures sur 24 au centre de crise. Nous avons en outre demandé main-forte à la direction des affaires juridiques du ministère de la santé dans le domaine qui est le sien.

Le suivi et la prise en charge des cas renvoient à la façon de gérer les *excreta* dans un hôpital. Je sais par exemple qu'à l'IHU de Marseille, lorsque l'on prend une douche ou que l'on se trouve en présence d'*excreta* ou d'urines, cela ne part pas avec les effluents ; ce n'est pas le cas dans d'autres ESR. Il faut gélifier les selles et les urines. La prise en charge est compliquée.

Nous avons par ailleurs souhaité au départ, à des fins de recherche et dans la perspective où des patients pourraient devenir positifs, disposer d'une séquence dynamique de positivité en prélevant les personnes tous les deux jours par prise de sang et en analysant d'autres matrices biologiques (urines, selles).

Nous avons enfin géré toutes les informations et alertes que nous pouvions nous-mêmes capter, en nous adaptant aux recommandations émises par les institutions internationales que sont l'OMS et l'ECDC, avec lesquelles nous avons des réunions permanentes au centre de crise de la DGS.

Quels sont les premiers enseignements de la gestion de la situation ? Vous voyez sur la diapositive la photo d'une conférence de presse en présence de la ministre, de Yazdan Yazdanpanah et d'autres experts, pour faire de la pédagogie et expliquer ce que l'on sait, ce que l'on ne sait pas, quelle est l'incertitude scientifique, où en est la recherche collaborative internationale (la France est trop petite pour faire sa propre recherche dans le cadre d'une maladie émergente), quelles sont les mesures prises et pourquoi, l'objectif étant de conduire à une résilience et à une acceptation de la part de la population sur la durée des 42 jours. À cette époque, je disposais quotidiennement d'éléments de veille médiatique recueillis par la cellule de communication de la DGS : la pression était impressionnante, avec en permanence des sollicitations de journalistes qui nous demandaient des éléments de langage. Face à une incertitude scientifique, il faut être factuel et avancer pas à pas.

Nous avons ainsi mis en place une organisation ministérielle de crise éprouvée et une coordination internationale.

Nous avons également anticipé la gestion de la période post-hantavirus, qui commence dimanche, l'idée étant de procéder à un retour d'expérience et à des revues, en cours d'élaboration. Je rappelle que le centre opérationnel de gestion de crise de notre direction est certifié ISO 9001 depuis 2015 : cela signifie que tout est procéduré, avec une démarche de fonctionnement clairement établie en matière de gestion et de retour d'expérience. La gestion post-crise se traduit tout d'abord par des débriefings à chaud. Je suis notamment convenu avec Yazdan Yazdanpanah d'effectuer un débriefing commun afin de savoir comment améliorer le dispositif. Ces retex sont systématiques dans toutes les situations de crise sanitaire : nous avons procédé ainsi il y a trois semaines pour le premier pic de chaleur et allons faire de même pour la vague qui s'annonce à partir de ce soir, pour être capables, comme nous l'avons fait en 2025, de déceler un éventuel excès de mortalité.

À froid, nous ferons régulièrement des exercices de simulation pour tester le dispositif. En 2025, le centre de crise a organisé 19 exercices, dont certains nationaux comme les hypothèses d'engagement majeur et l'exercice Orion 2026. Nous sommes promoteurs de ce type d'exercices au niveau national : 26 sont prévus au cours de l'année, dont certains en relation avec des situations infectieuses.

Concernant la communication de crise, on observe une réelle professionnalisation au sein de la direction et plus largement du ministère de la santé. Cela nous permet notamment d'identifier très rapidement d'éventuelles *fake news* et d'y répondre avec pédagogie.

Les priorités à retenir pour anticiper les crises de demain sont de renforcer la surveillance des zoonoses dans le cadre d'une approche « Une seule santé », d'améliorer le partage en temps réel des données en santé humaine, animale et environnementale, d'associer la recherche dès le début pour mettre en place des cohortes et rechercher rapidement des solutions thérapeutiques, voire de prophylaxie médicamenteuse comme la vaccination, enfin de développer une véritable culture de prévention parmi les professionnels de santé exposés mais aussi au sein du grand public, avec un objectif de résilience.

En conclusion, les hantavirus ne représentent pas un risque sanitaire très important en France, même si l'on y recense quelques cas chaque année, information méconnue du public et de certains professionnels de santé, mais bien connue des experts.

La survenue d'une situation comme celle-ci, avec une souche virale particulière, un vecteur spécifique, sur un continent particulier, avec un mode de transmission particulier, illustre parfaitement la manière dont émergent les maladies infectieuses auxquelles nous pourrions être confrontés à l'avenir. Cela nous rappelle que la meilleure stratégie sanitaire consiste à anticiper plutôt que de subir.

M. Stéphane Piednoir, sénateur, président de l'Office, corapporteur. – Il me semble que l'épisode de covid-19 et les traumatismes associés ont permis le développement d'une certaine culture de la prévention, autour des gestes barrières, des précautions à prendre. Certains réflexes subsistent depuis 2020, je pense par exemple au lavage des mains au gel hydroalcoolique.

M. Pierre Henriot, député, premier vice-président de l'Office, corapporteur. – Nous vous remercions vivement pour l'éclairage de vos diverses expertises. Cette audition publique avait pour vocation de nous permettre de mieux comprendre les enjeux d'une telle situation, mais aussi les avancées en matière de recherche et les modalités de gestion de ce virus en termes notamment de santé publique.

Nous restons nous aussi en veille, grâce à notre conseil scientifique, pour essayer de comprendre, au-delà de ce virus particulier, l'ensemble des situations virales qui existent dans le monde et pourraient nous affecter au niveau national.

Nous sommes également sensibles à l'enjeu que constitue le financement de la recherche, qui est l'un des moyens pour permettre la prévention de pareilles crises. Une prise de conscience collective, notamment politique, est nécessaire. En tant que rapporteur spécial du budget de la recherche, j'y suis particulièrement attaché.

Un grand merci à nouveau pour vos éclairages, précieux pour les parlementaires comme pour le grand public.

M. Yazdan Yazdanpanah. – Au moment d'une crise, la recherche et l'action se mélangent. Or les budgets de recherche constituent des variables d'ajustement. Il s'agit pourtant d'un sujet sécuritaire pour le pays. Il me paraît important d'insister sur ce point.

Cette audition a fait l'objet d'une captation vidéo, [disponible en ligne sur le site de l'Assemblée nationale](#).

La réunion s'achève à 12 h 25.

Membres présents ou excusés

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

Réunion du jeudi 18 juin 2026 à 9 h 05

Députés

Présents. - M. Maxime Amblard, M. Joël Bruneau, Mme Olga Givernet, M. Pierre Henriet, M. Maxime Laisney, M. Gérard Leseul, M. Alexandre Sabatou, M. Emeric Salmon, Mme Dominique Voynet

Excusé. - M. Lionel Duparay

Sénateurs

Présents. - M. Stéphane Piednoir, M. Daniel Salmon