

HIVER 2026 N° 53

le Journal del'Andra

— ÉDITION MEUSE/HAUTE-MARNE

Médecine nucléaire :
quels déchets,
quelle gestion ?

P.14

27-128

-120

121-122

133-134

145

143-144

141-142

155-156

153-154

151-152

Sommaire

en bref

- P.4** Cigéo : deux nouvelles vidéos pour connaître le projet en profondeur !
- P.4 Dans les médias**
Des podcasts pour célébrer les 25 ans du Labo
- P.5** L'Andra au cœur d'échanges internationaux sur Cigéo



- P.5** Débat public sur la gestion des matières et déchets radioactifs

tableau de bord

- P.6** Baromètre ASNR 2025 : l'opinion des Français sur les déchets radioactifs

territoire

- P.7** La sûreté au cœur du projet Cigéo
- P.8** Cigéo passe l'étape de l'instruction technique avec succès
- P.10** Projets agricoles : l'Andra en quête de nouvelles candidatures
- P.11** Une station scientifique de l'Andra intègre un réseau mondial
- P.12** Préparation de Cigéo : du nouveau sur le terrain

dossier



P.14 Dossier

Médecine nucléaire : quels déchets, quelle gestion ?

- P.15** À chaque déchet sa filière !
- P.16** Médecine et radioactivité : 130 ans de progrès
- P.18** Diagnostic par imagerie : faibles doses et vies très courtes
- P.19** Radiothérapie : détruire les cellules cancéreuses
- P.22** Carte d'identité des déchets médicaux
- P.23** À quoi ressemblera la médecine nucléaire de demain ?

portrait

- P.24** Lionel Belvèze, grand ouvert sur le monde

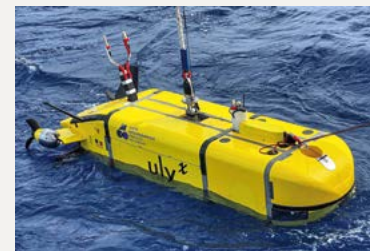
l'invité

- P.25** Temps long, science et responsabilité : entretien avec Jean Jouzel

décryptage

- P.26** Événements significatifs : transparence et rigueur
- P.27** Sous terre, les essais de fermeture prennent forme

reportage



- P.28** Nodsum : plongée à 5000 m pour mesurer l'impact des déchets immergés

entre nous

- P.30** On vous répond
Comment mesure-t-on un tremblement de terre ?
- P.30** #Ils sont venus nous voir
- P.31** Photomystère

LE POINT DE VUE DE CHEREAU Veuillez patienter



Scintigraphie, radiothérapie... la médecine moderne recourt chaque jour à des substances radioactives pour le diagnostic et certains traitements. Cette activité, en forte évolution, génère des déchets radioactifs de natures variées, qui doivent être pris en charge dans des filières dédiées. Quels sont-ils, combien sont-ils, que deviennent-ils ? Le point dans ce dossier, en page 14.

ABONNEMENT GRATUIT

Pour être sûr de ne rien manquer sur l'actualité de l'Andra, **abonnez-vous par mail à journal-andra@andra.fr**, en précisant la ou les édition(s) souhaitée(s).

1500

En 2025, le Laboratoire souterrain de l'Andra, outil scientifique au service de la conception de Cigéo, a poursuivi son développement avec le creusement de démonstrateurs d'alvéoles de stockage de déchets de haute activité (HA). Le cap symbolique des 1500 mètres d'alvéoles HA creusées a ainsi été franchi. De nouveaux démonstrateurs sont déjà programmés pour 2026.



Des collégiens à l'exposition « Tout est chimie ».

Plus de 9000 personnes rencontrées en 2025

L'Andra a multiplié les échanges avec le public sur et autour de son Centre de Meuse/Haute-Marne en 2025. 7900 personnes ont visité les installations en surface et près de 3000 d'entre elles sont descendues à 500 mètres de profondeur pour découvrir le Laboratoire souterrain. Parmi les événements fédérateurs : la soirée portes ouvertes du 13 septembre qui a attiré 815 personnes, autant que l'exposition « Tout est chimie », présentée à l'occasion de la fête de la Science. Les deux opérations « Galeries ouvertes » de mars et novembre ont également fait le plein. L'Andra est aussi allée à la rencontre du public lors de conférences et de réunions. Au total, environ 9500 personnes ont pu s'informer sur les activités de l'Andra et le projet Cigéo.

Cigéo : deux nouvelles vidéos pour connaître le projet en profondeur !

Cigéo, pourquoi ? Où ? Comment ?

Qu'est-ce que le stockage en couche géologique profonde ? À quel type de déchets radioactifs est-il destiné ? Une exploitation de plus de 100 ans qui accueillera 83000 m³ de déchets radioactifs à 500 mètres de profondeur.

Protéger les personnes et l'environnement pendant des centaines de milliers d'années, c'est tout l'objet du projet Cigéo, à découvrir en 2 minutes à travers cette vidéo !



Voir la vidéo : <https://urls.fr/oC2nb2>



Cigéo, comment ça marche ?

Découvrez le principe de stockage, ainsi que l'itinéraire des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue dans Cigéo.

Dans cette vidéo, suivez l'arrivée des colis de déchets au terminal ferroviaire, les contrôles effectués, leur préparation puis leur transfert vers l'installation souterraine pour être placés dans des alvéoles de stockage.



Voir la vidéo : <https://urls.fr/b-pFGM>



danslesmédias

Des podcasts pour célébrer les 25 ans du Labo



Pour célébrer les 25 ans du Laboratoire souterrain et les recherches qui y ont été réalisées pour Cigéo, plusieurs salariés et anciens collaborateurs se sont exprimés dans une série de podcasts accessibles sur la chaîne de l'Agence, Radio-Actif. En sept épisodes, ils racontent la vie quotidienne du site, dévoilent les coulisses des expérimentations, reviennent sur les avancées scientifiques et se remémorent certains de leurs souvenirs marquants.



Découvrez les podcasts : <https://podcast.ausha.co/radio-actif>



L'Andra au cœur d'échanges internationaux sur Cigéo

Le Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne a accueilli les 20 et 21 octobre derniers le *Forum on Stakeholder Confidence*⁽¹⁾, organisé par l'Agence pour l'énergie nucléaire⁽²⁾. Plus de 30 experts internationaux y ont échangé sur la concertation, la transparence et l'implication du public dans les projets de gestion à long terme des déchets radioactifs. Le projet Cigéo a servi de référence pour illustrer l'ancrage territorial et les actions menées depuis plus de trente ans par l'Andra pour instaurer



Les participants au forum devant l'espace technologique du CMHM.

un dialogue durable avec les parties prenantes. Élus, représentants associatifs et acteurs institutionnels ont partagé leur expérience. Les intervenants étrangers ont souligné l'intérêt de ce partage et salué l'avancement du projet français, la qualité de la communication et les efforts de recherche. Ces retours nourrissent la réflexion française sur des enjeux communs, notamment l'implication des jeunes.

Cette édition du *Forum on Stakeholder Confidence* confirme que la France est considérée comme pionnière en matière de dialogue ouvert et durable et que la coopération internationale reste essentielle pour accompagner les projets de stockage.

(1) Forum international sur la confiance des parties prenantes.
(2) Agence spécialisée de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) dédiée à l'énergie nucléaire.

Débat public sur la gestion des matières et déchets radioactifs : l'Andra associée à la concertation nationale

Le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR), établi et mis à jour par le gouvernement, permet d'organiser, de planifier et d'encadrer la gestion des substances radioactives provenant d'activités nucléaires, industrielles, de la recherche médicale ou de la Défense. Actualisé tous les cinq ans, il garantit une gestion sûre, durable et transparente, en tenant compte des enjeux

environnementaux, sanitaires, techniques et sociétaux. Saisie par le gouvernement, la Commission nationale du débat public a organisé un débat public d'octobre 2025 à février 2026 autour de l'élaboration du 6^e PNGMDR. En tant qu'acteur public chargé de la gestion à long terme des déchets radioactifs, l'Andra a contribué à ce débat en apportant son expertise technique et scientifique. L'Agence

a également mis à disposition du public des éléments d'information pour éclairer la compréhension des enjeux de sûreté, environnementaux et sociétaux associés aux différentes filières de gestion. Ce débat constitue un temps fort de la concertation nationale, permettant à chacun de s'informer, d'échanger et de formuler des propositions.



Webinaires, ateliers, rencontres... Pour en savoir plus sur le débat public : <https://urls.fr/bCELwg>



Baromètre ASNR 2025 : l'opinion des Français sur les déchets radioactifs

Tous les ans, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR)⁽¹⁾ part à la rencontre de plus de 2000 Français pour évaluer leur perception des risques. Cette enquête⁽²⁾ comprend des questions sur les déchets radioactifs. En voici les principaux résultats.

LA PERCEPTION DES RISQUES PAR LES FRANÇAIS

50 %

estiment que le risque lié aux déchets radioactifs est important.

(44% l'estiment moyen, faible ou quasi nul / 6% NSP⁽³⁾)



75 %

estiment être « plutôt mal » ou « très mal » informés des risques associés aux déchets radioactifs.

(25% s'estiment « plutôt bien » ou « très bien » informés)

L'OPINION DES FRANÇAIS SUR LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

35 %

estiment qu'il est possible de stocker les déchets radioactifs de façon sûre.

(35% sont neutres / 30 % ne sont pas d'accord)



64 %

estiment que, pour régler le problème du stockage des déchets radioactifs, le meilleur choix est de se décider et d'appliquer au plus vite la solution.

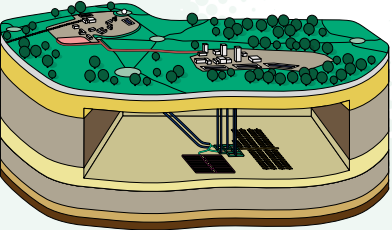
(29% souhaitent prolonger les recherches / 7% laissent le choix aux générations futures)



60 %

n'ont jamais entendu parler de Cigéo.

(40 % le connaissent très bien ou en ont déjà entendu parler)



LA COMPÉTENCE ET LA CRÉDIBILITÉ DES INTERVENANTS DU NUCLÉAIRE

66 %

jugent que l'Andra est un organisme compétent.

(13% pensent le contraire / 21 % NSP⁽³⁾)



(1) Auparavant par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire qui a fusionné depuis le 1^{er} janvier 2025 avec l'Autorité de sûreté nucléaire.
(2) Sondage national réalisé auprès d'un échantillon représentatif de la population française de 2135 personnes.
(3) Ne sait pas/sans réponse.

Rendez-vous dans le prochain numéro pour découvrir les résultats de l'enquête d'opinion de l'Andra, réalisée fin 2025, notamment auprès des riverains de ses centres.

La sûreté au cœur du projet Cigéo

Cigéo a pour but de mettre en sécurité les déchets les plus radioactifs et de protéger les générations présentes et futures. Mais le stockage comporte-t-il des risques? Qu'est-ce que cela signifie concrètement? Comment ces risques sont-ils pris en compte et quelles sont les dispositions mises en œuvre pour les maîtriser? On vous répond par des exemples concrets avec, pour cette édition, celui du risque incendie.

LA DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ

- Présentée dans le dossier de demande d'autorisation de création
- Objectif : identifier les risques et démontrer qu'ils sont maîtrisés sur toute la durée de vie du stockage :
 - en exploitation
 - après la fermeture



LE PRINCIPE DE DÉFENSE EN PROFONDEUR

- Prévenir les incidents ou les accidents
- Détecter rapidement toute situation anormale
 - Intervenir pour maintenir l'installation dans de bonnes conditions
- Considérer des situations accidentelles par prudence
- Vérifier que les impacts restent acceptables



EXEMPLE : LE RISQUE INCENDIE

PRÉVENIR LE RISQUE

- Limitation de l'utilisation des produits combustibles ou inflammables : les quantités sont strictement limitées aux besoins indispensables
- Réduction des sources de combustion : un funiculaire électrique est utilisé pour acheminer les colis dans l'installation souterraine (pas de carburant, pas de pneus)



DÉTECTER ET INTERVENIR

- Dispositifs de détection incendie : ils permettent l'identification et la localisation rapides de tout départ de feu
- Systèmes d'extinction automatique :
 - dispositifs embarqués (gaz, poudre, etc.) sur les engins de transfert et de manutention des colis
 - systèmes fixes dans les zones sensibles (des locaux électriques, par exemple)



SE PRÉPARER À TOUS LES SCÉNARIOS

- Galeries conçues en « bitube » : pour chaque galerie, une galerie parallèle permet l'évacuation et l'intervention des secours
- Cloisonnements robustes pour éviter les échauffements ou la propagation
- Réseaux de ventilation séparés
- Matériaux résistants (béton, acier)



VÉRIFIER ET CONFIRMER

- Simulations numériques
- Essais menés notamment dans le Laboratoire souterrain



Cigéo passe l'étape de l'instruction technique avec succès

En décembre dernier, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a rendu son avis : la démonstration de sûreté de Cigéo est satisfaisante au stade d'une demande d'autorisation de création. Des compléments seront apportés par l'Andra, conformément à ses engagements. Le projet peut se préparer pour la prochaine grande étape vers l'autorisation de création, celle de l'enquête publique.

L'Andra a déposé la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo début 2023. Pendant trente mois, l'ASNR a conduit l'instruction technique du dossier avec l'appui de ses experts et des spécialistes indépendants réunis au sein des groupes permanents placés auprès de l'autorité de sûreté, avant de rendre son avis le 4 décembre dernier. Dans cet avis, l'ASNR estime que : « La démonstration de sûreté présentée dans le dossier de demande d'autorisation de création de Cigéo, pour les phases d'exploitation et d'après-fermeture, a atteint un niveau de maturité d'ensemble conforme aux attendus pour une demande d'autorisation de création d'un centre

de stockage géologique. » « Notre avis n'est pas décisionnel, précise Pierre Bois, directeur général adjoint de l'ASNR en charge des déchets radioactifs. L'autorisation de création ne pourra être donnée que par décret ministériel. » Cigéo entre donc désormais dans la phase de l'enquête publique.

Feu(x) vert(s) technique(s)
Pour Marine Levieux, cheffe de projet Instruction de la DAC à l'Andra, « cet avis de l'ASNR valide la robustesse de la démonstration de sûreté de Cigéo. Il marque l'aboutissement de trente années de recherche et d'études nécessaires pour élaborer un dossier de plus de 10000 pages. Il reconnaît aussi la mobilisation de

chaque instant des équipes de l'Andra pendant les trente mois du processus rigoureux et exigeant de l'instruction. » Même après l'autorisation, l'Andra devra apporter des compléments qui conditionneront d'autres feux verts techniques nécessaires. L'avis de l'ASNR précise les sujets sur lesquels la démonstration de sûreté doit être complétée : la caractérisation fine des mécanismes de corrosion des matériaux métalliques des alvéoles de stockage des déchets de haute activité (HA) ; les ouvrages de scellement, en particulier leur nombre et leur localisation au sein de Cigéo ; la maîtrise du risque d'explosion dans les alvéoles de stockage des déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) pendant les opérations de fermeture ; et les modalités de gestion des déchets bitumés. « L'ASNR souligne toutefois que ces points de vigilance ne doivent pas occulter le fait que, sur un grand nombre de sujets, le dossier répond pleinement aux exigences de sûreté attendues à ce stade », détaille Pierre Bois. Ces compléments seront par exemple apportés grâce à des démonstrateurs ou des études menées en conditions réelles, et donc après le lancement de la phase industrielle pilote⁽¹⁾. Des démonstrateurs *in situ* qui, selon Pierre Bois, « contribueront à la robustesse de la démonstration de sûreté sur un projet où le travail de simulation et de modélisation ne peut suffire ».



Dans cette logique, une mise à jour du rapport de sûreté de Cigéo sera réalisée par l'Andra dix ans après l'obtention du décret d'autorisation de création. « Cela permettra d'assurer un suivi transparent des différents engagements pris par l'Andra et d'ouvrir de nouvelles séquences de dialogue autour du projet », explique Pierre Bois.

Des engagements déjà pris par l'Andra
Ces études complémentaires ont été programmées par l'Andra à la suite des échanges avec l'ASNR, et leur réalisation est compatible avec le calendrier global du projet. L'obtention des résultats et leur présentation à l'Autorité de sûreté ont été définies en amont des phases clés de travaux sur le site. « Ces points de rendez-vous futurs se traduisent par des engagements ayant des temporalités différentes.

Certains ont d'ailleurs été soldés dans le cadre de l'instruction », explique Marine Levieux.


Les collectivités et les parties prenantes consultées
Au cours de la procédure de DAC, plusieurs parties prenantes ont également été invitées à émettre un avis sur le dossier de l'Andra, notamment l'Autorité environnementale, la Commission nationale d'évaluation, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 74 collectivités territoriales et le Comité local d'information et de suivi du Laboratoire souterrain. Ces éléments permettront d'éclairer les citoyens dans la perspective de l'enquête publique prévue au second semestre 2026. ●


(1) Premières années de déploiement et de mise en œuvre du projet visant à conforter les procédés techniques et les modes de gestion en conditions réelles.

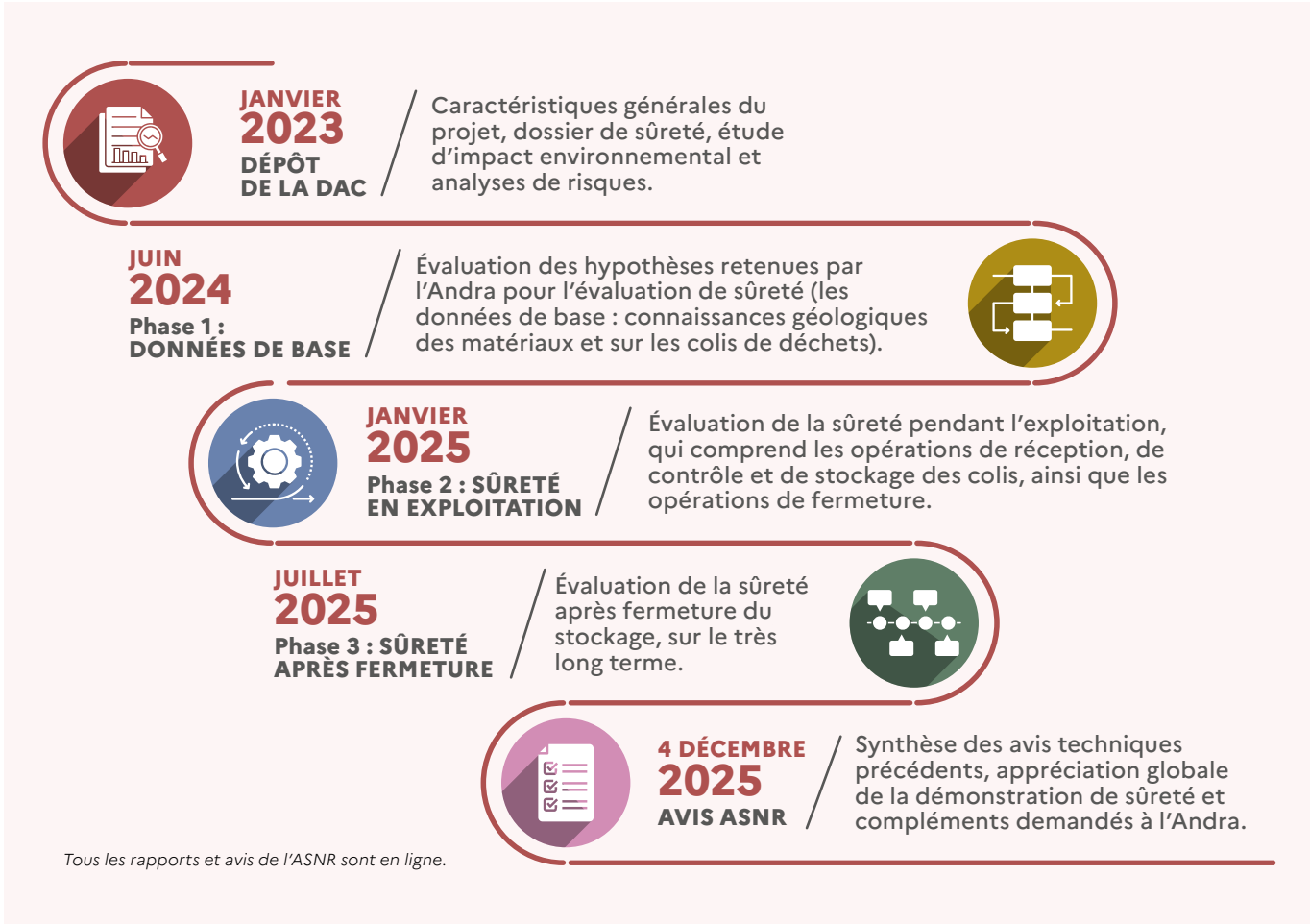
QUE RETENIR DE L'AVIS DE L'ASNR SUR CIGÉO ?

- **Un concept technique validé**
L'instruction confirme la solidité du projet, l'ASNR mentionnant un projet ayant atteint le niveau de maturité attendu à ce stade de la DAC
- **Des approfondissements attendus pour la suite du projet**
Certains sujets seront instruits ultérieurement, au rythme des travaux et des retours d'expérience
- **Une décision finale à venir**
L'avis rendu ne constitue pas une autorisation mais s'inscrit dans un processus décisionnel plus large, incluant une enquête publique à l'automne 2026


Les explications de l'ASNR sur l'avis relatif à la DAC de Cigéo : urlr.me/zAGKaQ


En savoir plus sur la consultation des parties prenantes : <https://urlr.fr/dtw90s>





Projets agricoles : l'Andra en quête de nouvelles candidatures

Porté par l'Andra, le fonds de compensation collective agricole poursuit son déploiement et continue d'offrir des opportunités pour les projets agricoles innovants du territoire.

Lancé en 2023, le fonds de compensation collective agricole lié au projet Cigéo suit son cours. Lors d'une réunion organisée le 25 novembre 2025, l'Andra a réuni près de 60 agriculteurs et acteurs locaux pour présenter l'avancement du dispositif, les projets déjà retenus et les prochaines échéances. Doté de 4,4 millions d'euros déjà consignés, ce fonds soutient des initiatives collectives et innovantes au bénéfice de la filière agricole des anciens cantons de Poissons (Haute-Marne), Montiers-sur-Saulx, Gondrecourt-le-Château et Ligny-en-Barrois (Meuse). Construit en partenariat étroit avec la chambre d'agriculture, le dispositif s'appuie sur une instruction technique dédiée et sur un comité de pilotage de 21 membres garantissant la cohérence et la conformité des projets. Depuis 2023, quatre sessions d'appels à projets ont permis de sélectionner 17 initiatives représentant 2,1 millions d'euros d'aides engagées. Il reste donc 2,3 millions d'euros à affecter. Les soutiens



Présentation des projets accompagnés lors d'une réunion.

accordés couvrent 5 % à 80 % des dépenses éligibles, dans la limite de 560 000 euros par projet.

Des initiatives concrètes présentées

Les projets retenus illustrent la diversité des besoins du territoire : équipements sanitaires pour les élevages, investissements collectifs de CUMA⁽¹⁾, solutions de protection des ruchers, création de plateformes de compostage, valorisation de substrats de champignons ou remises en

état de chemins ruraux à la suite d'inondations. Trois réalisations ont été particulièrement mises en avant : l'optimisation de la valorisation du lait par la fromagerie Renard-Gillard grâce à un dispositif d'osmose inverse ; la plateforme de compostage de Gondrecourt-le-Château ; et l'initiative du GIEE⁽²⁾ Sol Union pour transformer le substrat de champignons de l'usine Champ'Yonne en compost distribué aux exploitations. Les échanges ont également permis de rappeler que chaque candidature fait l'objet d'un examen au cas par cas, tout en veillant à préserver la cohérence globale du dispositif. L'Andra encourage ainsi les agriculteurs à proposer leurs idées en déposant un dossier. La cinquième session d'appel à projets était ouverte jusqu'au 15 décembre 2025. Une 6^e session est programmée au printemps 2026 et les appels se poursuivront jusqu'à l'épuisement complet du fonds. ●

(1) Coopérative d'utilisation de matériel agricole.
(2) Groupement d'intérêt économique et environnemental.



Une soixantaine de participants étaient réunis.



Vue aérienne de la station atmosphérique.

Une station scientifique de l'Andra intègre un réseau mondial

La station atmosphérique de l'Andra, installée à Houdelaincourt, vient d'intégrer le réseau scientifique mondial GAW, piloté par l'Organisation météorologique mondiale. Une reconnaissance internationale qui confirme la qualité des mesures atmosphériques produites dans la Meuse depuis plus de dix ans.

Cette station atmosphérique a rejoint le réseau mondial GAW (Global Atmospheric Watch) depuis l'automne. « Il s'agit du programme scientifique de l'Organisation météorologique mondiale dédié à la surveillance mondiale de la composition de l'atmosphère, explique le responsable de la station de l'Andra. En faire partie confirme la fiabilité de nos observations. C'est une reconnaissance du travail engagé depuis 2011 pour mesurer la composition de l'air dans un environnement rural préservé. » Grâce à son bâtiment technique et à son pylône instrumenté de 120 mètres, la station mesure en continu les gaz à effet de serre, les gaz réactifs et les aérosols. L'ensemble de ces paramètres, déjà suivis dans les réseaux européens Icos⁽¹⁾ et Actris⁽²⁾, vont alimenter les bases de données de GAW, qui harmonisera leur mesure et garantira leur transparence scientifique.

Assurer le suivi de Cigéo

Les données produites par la station servent également de référence pour le suivi environnemental de Cigéo. En s'appuyant sur plus de dix ans de mesures continues, les équipes pourront comparer l'état actuel de l'atmosphère et les données futures, afin de détecter tout impact éventuel du centre, même très faible. La station complète ce suivi par des mesures de qualité de l'air et de radioactivité ambiante qui ne relèvent pas de GAW mais sont essentielles au diagnostic environnemental du territoire. Au-delà de Cigéo, la station contribue à une meilleure connaissance de la région : évolution des émissions des forêts et des cultures, suivi des cycles biologiques et analyse des effets du changement climatique sur les écosystèmes locaux. Ce travail s'appuie sur des partenariats scientifiques solides, notamment avec l'Institut

des géosciences de Grenoble, le Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement de Saclay, l'organisme de surveillance de l'air Atmo Grand Est, Météo-France et l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN). Ils garantissent la robustesse et la diffusion internationale des données produites. ●

(1) Integrated Carbon Observation System. C'est une infrastructure européenne de recherche dédiée à la mesure précise des flux de gaz à effet de serre.
(2) Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure. Infrastructure européenne de recherche consacrée à l'observation des aérosols, des nuages et des gaz traces atmosphériques.



L'un des instruments de mesure de la station.



Pour en savoir plus : <https://urls.fr/iL6QOf>





Forages géotechniques au bois Lejuc.

Préparation de Cigéo : du nouveau sur le terrain

L'Andra a lancé à l'automne une série d'opérations sur le terrain pour préparer l'arrivée de Cigéo. Explications.

Même si le projet Cigéo n'est pas encore autorisé, les opérations DR0 (voir encadré) marquent une étape importante, avec la tenue de plusieurs chantiers indispensables aux futurs aménagements. « *Tout avance correctement* », résume Apolline Arnould, chargée de la coordination du programme. DR0 couvre en effet un large éventail d'investigations : hydrologie, géotechnique, géologie, environnement et archéologie, menées par l'Andra et par le Conseil départemental de Haute-Marne et

SNCF Réseau, dans le cadre d'autorisations partagées.

Affiner la connaissance des zones humides

Première opération lancée et terminée l'automne dernier : l'installation de neuf piézomètres à 4 mètres de profondeur autour de la future zone descendrière qui servira à réceptionner, contrôler, préparer et acheminer les colis vers l'installation souterraine. Instrumentés, ces forages donnent des indications plus précises sur les directions

d'écoulement de l'eau de la nappe phréatique tout au long de l'année. « *Un an de mesures, c'est suffisant pour une compréhension du système*, explique Sylvain Gigueux, hydrogéologue à l'Andra. *L'objectif est de comprendre précisément comment fonctionne la zone humide pour s'assurer que les aménagements de Cigéo n'en modifieront pas l'équilibre.* »

Ces données viendront compléter un socle d'observations déjà solide sur la nappe superficielle et en affineront encore la compréhension. Elles permettront de préserver la zone humide de toute dégradation, ce milieu étant à la fois sensible aux changements et très riche en matière de biodiversité.

Des investigations autour de la future zone puits

En parallèle, entre octobre 2025 et janvier 2026, une importante campagne géotechnique a été menée sur la future zone puits – zone de soutien aux travaux de construction – et le tracé de la liaison entre les deux installations de surface de Cigéo. Sur le bois Lejuc (Mandres-en-Barrois), des tests ont été

réalisés pour qualifier le sol et son comportement avant d'envisager toute construction.

Les premiers résultats de carottages et de certains essais ont pu être recueillis ; les analyses en laboratoire, exigeant plus de temps, se poursuivront au printemps. Les forages réalisés dans le cadre de cette expérimentation atteignent entre 50 et 90 mètres de profondeur, selon les paramètres observés. Les données collectées permettront de dimensionner les futurs terrassements. « *On obtiendra un premier compte rendu au printemps 2026 qui permettra de préciser le dimensionnement des futurs terrassements* », explique Samuel Devanne, géotechnicien en charge du pilotage de ces opérations.

Des chantiers sous la responsabilité d'autres maîtres d'ouvrage

SNCF Réseau poursuit sa propre campagne géotechnique, réalisée par ABO Group France, afin de préparer la modernisation de la ligne 027000. Cette desserte ferroviaire entre Nançois-Tronville et Gondrecourt-le-Château, qui permettra de transporter les colis de déchets vers Cigéo, n'est plus en service sur sa plus grande partie depuis les années 2010.

Environ 300 forages, dont des sondages carottés sur des ouvrages d'art et des piézomètres tous les 500 mètres, sont prévus. Un an de mesures permettra de suivre les variations de la nappe le long du linéaire et de caractériser la stabilité des ouvrages. Les résultats bruts sont transmis chaque mois à SNCF Réseau, et les documents définitifs sont attendus au printemps. « *Les premières tendances montrent une homogénéité du sol sur tout le linéaire* », souligne l'ingénieur d'ABO ERG. Ces résultats devront être confirmés.

Autre maîtrise d'ouvrage

extérieure à l'Andra : le Conseil départemental de Haute-Marne a lui aussi mené sa campagne de forages géotechniques. Objectif : préparer une déviation routière, car l'axe actuel passe en plein cœur de la future zone descendrière.

Les étapes suivantes se préparent

La poursuite du programme DR0 porte également sur la caractérisation des calcaires du Barrois, entamée en janvier, après le début des diagnostics archéologiques. Des bases-vies ont été installées en février, et des forages profonds destinés à affiner la connaissance géologique seront programmés cet été. « *DR0, c'est une phase symbolique car on entre dans l'opérationnel pour préparer l'arrivée de Cigéo* », souligne Apolline Arnould.

Malgré l'ampleur du programme et la diversité des acteurs impliqués, le constat est aujourd'hui partagé : les opérations avancent conformément aux attentes et enrichissent la connaissance du territoire avant toute décision sur l'autorisation du projet. ●

QU'EST-CE QUE LE DR0 ?

Derrière le nom de code DR0 (pour « dossier réglementaire 0 ») se cache une partie des opérations préalables aux futurs aménagements de Cigéo : investigations géologiques, hydrogéologiques et géotechniques, suivis environnementaux, diagnostics archéologiques, installation des bases-vie, etc. Autorisées par les préfetures en 2025, les opérations DR0 couvrent des investigations menées par l'Andra ainsi que par SNCF Réseau et le Conseil départemental de Haute-Marne pour leurs propres besoins. DR0 ne préjuge en rien de l'autorisation de création de Cigéo : il vise simplement à préparer et documenter les phases ultérieures.



Foreuse sur l'ancienne ligne SNCF.



Installation de piézomètres de caractérisation en zones humides.

Médecine nucléaire : quels déchets, quelle gestion ?

Quelques années après sa découverte, la radioactivité a d'abord été utilisée à des fins médicales, pour établir un diagnostic, avec l'imagerie, et pour traiter des tumeurs cancéreuses. En plus de cent ans, la médecine nucléaire a connu de grandes évolutions, tant dans ses pratiques que dans les outils utilisés. Pour l'Andra, les industriels qui élaborent les substances radiopharmaceutiques, les laboratoires de recherche qui les expérimentent, les biologistes qui les utilisent, ou les hôpitaux qui les administrent sont des producteurs de déchets radioactifs qu'il faut accompagner. Ces déchets sont caractérisés, inventoriés, déclarés, puis gérés sur place ou conditionnés afin d'être pris en charge dans les filières appropriées. Tour d'horizon.



Bacs contenant les déchets journaliers issus des traitements à l'iode 131 entreposés dans un local réfrigéré pendant leur décroissance. Service de médecine nucléaire, hôpital d'adultes de Brabois, CHU de Nancy.

À chaque déchet sa filière !

La médecine nucléaire s'appuie sur les propriétés de la radioactivité pour réaliser des images qui servent au diagnostic ou pour détruire, par irradiation, des cellules cancéreuses. Selon leurs caractéristiques, les déchets produits ont un devenir différent.

Les installations de médecine nucléaire sont soumises à une autorisation délivrée par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASN) et doivent se doter d'un *plan de gestion des déchets et des effluents radioactifs* qui détaille les sources radioactives qu'elles utilisent, les mesures mises en œuvre pour gérer leurs déchets et effluents radioactifs (fioles, seringues, gants et matières biologiques, etc.) et, le cas échéant, leur filière d'évacuation. Tous ces déchets doivent être déclarés à l'Andra, qui en recense les volumes et les localisations dans son *Inventaire national des matières et déchets radioactifs*.

Des déchets à vie très courte

En quasi-totalité, les radionucléides utilisés en médecine nucléaire ont des périodes de radioactivité très courtes, inférieures à cent jours. Ces déchets sont conditionnés dans des emballages adaptés et entreposés sur place dans des locaux dédiés ou dans des cuves spécifiques (urines de patients exposés aux

rayonnements, par exemple). Ils sont conservés le temps nécessaire à leur décroissance radioactive. Ce délai est supérieur ou égal à dix fois la période la plus longue des radionucléides présents, soit un peu moins de trois ans. Passé ce délai, ils ne sont plus considérés comme déchets radioactifs et peuvent être évacués vers une filière de gestion adaptée.

Au-delà de cent jours

Dès que les radionucléides ont une période de plus de cent jours, les déchets sont pris en charge par l'Andra selon les spécifications du *Guide d'enlèvement des déchets radioactifs*. La caractérisation et le conditionnement des déchets sont à la charge du producteur. L'Andra en assure la collecte et le transport vers le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) dans l'Aube, où ils sont regroupés et triés. Avant leur stockage, les déchets peuvent être traités au Cires ou sur une installation externe spécialisée, par exemple pour y être incinérés. Selon leur nature, les colis de déchets sont orientés vers

la filière de gestion adaptée : le Centre de stockage de l'Aube s'il s'agit de déchets de faible et moyenne activité, principalement à vie courte, ou le Cires pour les déchets de faible activité à vie longue (entreposage provisoire) ou de très faible activité (stockage). À fin 2024, les déchets radioactifs médicaux stockés ou destinés à être stockés dans les centres de l'Andra représentaient un volume d'environ 8 560 m³, soit approximativement 0,5% du volume total des déchets radioactifs.

UN GUIDE D'ENLÈVEMENT

Ce guide s'adresse aux producteurs et détenteurs de déchets radioactifs (hôpitaux, universités, laboratoires de recherche, industries, récupérateurs de paratonnerres radioactifs, etc.) hors secteur électronucléaire. Il précise les spécifications techniques pour leur traitement et leur stockage par l'Andra.

Médecine et radioactivité : 130 ans de progrès

Des premiers clichés par rayons X à l'imagerie moléculaire, des traitements au radium à la radiothérapie interne vectorisée (RIV), la médecine nucléaire est une discipline relativement jeune et en constante évolution. Quelques jalons.

Rayons X

Le radiodiagnostic par rayons X est la plus ancienne application médicale des rayonnements ionisants. Les rayons X sont employés pour l'exploration morphologique du corps humain, et à plus forte dose pour irradier et détruire des cellules cancéreuses.

Curiethérapie

Dans un premier temps, pour soigner des lésions et tumeurs cutanées, Henri Becquerel et Pierre Curie placent des petits sachets de radium, dont le rayonnement est de plus haute énergie que les rayons X, directement sur la peau. Puis ils les conditionnent dans de petits tubes scellés implantés au contact immédiat de la tumeur. Aujourd'hui encore, la curiethérapie est couramment utilisée pour soigner les cancers du col de l'utérus, de la prostate, du sein ou de la peau, en recourant principalement à des radioéléments dont le rayonnement est fort mais très localisé : Iridium 192, césium 137 et iode 125.

Cobalt 60

Dans les années 1950, le cobalt 60, dont le rayonnement plus puissant pénètre mieux les tissus, succède aux rayons X pour la radiothérapie. Les hôpitaux utilisent également ce radionucléide pour stériliser le matériel médical. Depuis les années 2010, la cobalthérapie (aussi appelée « bombe à cobalt ») n'est plus employée en France. Elle a été progressivement remplacée par les accélérateurs linéaires d'électrons, qui offrent une précision accrue, et dont les dernières générations ont la capacité de produire des faisceaux de photons ou d'électrons à différentes énergies, adaptées à la profondeur et à la localisation de la tumeur à traiter.

Technétium 99m

Le technétium 99m⁽¹⁾ est le radionucléide le plus utilisé en imagerie nucléaire, en particulier en scintigraphie. Il n'émet que des rayons gamma et a une demi-vie très courte, de 6 heures. Il est produit dans les services de médecine nucléaire, avec un générateur appelé « vache à technétium », à partir de molybdène 99 dont la période radioactive de 66 heures permet le transport.

(1) Ici, le « m » signifie « métastable ».

Radiothérapie interne vectorisée (RIV)

Un radionucléide, comme l'iode 131 en pathologie thyroïdienne ou le lutétium 177 contre le cancer de la prostate, est associé à une molécule biologique. Ce radiopharmaceutique est ensuite administré au patient, en injection ou par voie orale. Dans l'organisme, il va se fixer à une cible spécifique, libérant le radionucléide à l'intérieur de la cellule cancéreuse, en épargnant les tissus voisins.

Radiothérapie conformationnelle 3D

Cette technique de radiothérapie externe utilise l'imagerie en 3D (TEP-scan ou IRM) pour faire correspondre la forme du faisceau d'irradiation d'un accélérateur linéaire d'électrons au volume de la tumeur. L'accélérateur est doté d'un bras qui tourne à 360° autour du patient pour faire pénétrer les faisceaux dans la tumeur sous différentes orientations.

1895 Découverte des rayons X par l'Allemand Wilhelm Röntgen. L'image représente l'une des premières radiographies effectuées par le physicien.



1913 Le chercheur hongrois George Charles de Hevesy utilise le radium pour en étudier sa distribution dans le corps d'un mammifère. Il s'agit du tout premier traceur radioactif.



1901 Note d'Henri Becquerel et Pierre Curie sur l'action du radium sur la peau.



1934 Découverte de la radioactivité artificielle : il est possible de créer des isotopes radioactifs.



1937 L'Américain Joseph G. Hamilton effectue la première utilisation clinique du sodium radioactif comme traceur dans le but de diagnostiquer les troubles thyroïdiens. Puis en 1942, on voit apparaître les premières applications thérapeutiques de l'iode 131 et du phosphore 32.



1956 Invention aux États-Unis de la caméra à scintillation (gamma-caméra).



1971 L'Anglais Godfrey Hounsfield invente le scanner et réalise les premières images de cerveau d'un patient par tomodensitométrie.



1975 Premiers prototypes de TEP-scan à l'université de Pennsylvanie.

2000 Apparition de la radiothérapie conformationnelle avec modulation d'intensité.



2020 Nouvelles alphathérapies ciblées au plomb 212.



2025 Premiers essais cliniques en France de thérapies internes par radioligands (qui associent un radionucléide à une molécule capable de cibler les cellules cancéreuses).

Diagnostic par imagerie : faibles doses et vies très courtes

Pour aider au diagnostic de nombreuses pathologies, la médecine nucléaire s'appuie sur l'imagerie scintigraphique. Si la tomодensitométrie (TDM), plus communément appelée « scanner », comme la radiographie reposent sur le même principe – placer de part et d'autre de la zone à explorer une source et un détecteur de rayons X, afin d'obtenir une image morphologique –, la scintigraphie recourt à des sources radioactives qui émettent directement depuis l'organisme.

Injecter des radionucléides

La scintigraphie consiste à administrer au patient, généralement par voie intraveineuse, un produit faiblement radioactif associé à une molécule vectrice ciblant un organe ou une lésion. L'ensemble constitue un médicament radiopharmaceutique. Une gamma-caméra suit la position du médicament dans le corps grâce au rayonnement gamma émis par un radionucléide, le plus souvent du technétium 99m, mais aussi de l'iode 123 pour explorer la

thyroïde ou du thallium 201 pour les scintigraphies du myocarde. L'association entre la tomographie par émission de positons et le scanner (TEP-scan) offre une imagerie plus performante. Le radiopharmaceutique le plus couramment utilisé en TEP est le « FDG » qui associe du fluor 18 à des molécules de glucose. « Les radionucléides, ou isotopes radioactifs, employés pour l'imagerie sont choisis précisément pour leur faible rayonnement et leur durée de vie très courte, de l'ordre de quelques heures, là où ceux utilisés en

radiothérapie ont une période de quelques jours et doivent avoir une activité forte et très localisée », explique le Dr Serge Maia, radiopharmacien au CHRU de Tours.

Une gestion sur place

« Vu les durées de vie des radionucléides utilisés en médecine nucléaire, la totalité des déchets radioactifs médicaux, du matériel d'injection aux effluents des patients, est gérée au sein de l'établissement, en décroissance », souligne le Dr Serge Maia. Cette gestion repose sur le tri des déchets solides et liquides, leur entreposage différencié selon leur durée de vie, puis un contrôle avant élimination.

Du côté des cyclotrons

Le fluor 18, dont la période radioactive est de 110 minutes, doit être fabriqué dans un cyclotron à proximité des centres médicaux utilisateurs. Curium Pet France produit ainsi ces radiopharmaceutiques dans 12 sites répartis en France, ce qui engendre un petit volume de déchets de très faible activité (TFA), activés par le cyclotron et collectés par l'Andra : « Pour chaque site, nous sommes sur des volumes annuels de l'ordre d'une quinzaine de fûts de 30 litres pour les déchets liquides, et d'environ 50 kg de déchets solides conditionnés dans des fûts en plastique de 120 litres », détaille Christophe Doré, responsable de l'activité nucléaire chez Curium Pet France.



Robot de préparation d'anticancéreux injectables.

Radiothérapie : détruire les cellules cancéreuses

Les rayonnements radioactifs sont largement utilisés dans la lutte contre les cancers. Aujourd'hui, les sources scellées utilisées pour la radiothérapie externe ont été remplacées par des accélérateurs de particules qui n'émettent des rayonnements que lorsqu'ils sont alimentés électriquement. On distingue la radiothérapie externe, qui consiste à générer des rayons X ou des électrons qui traversent la peau pour atteindre une tumeur cancéreuse et la détruire, et la radiothérapie interne, où des radionucléides sont administrés au patient. On parle de radiothérapie interne vectorisée (RIV) lorsqu'ils sont couplés à une molécule qui permet de cibler les cellules cancéreuses.

Radioactivité et biologie

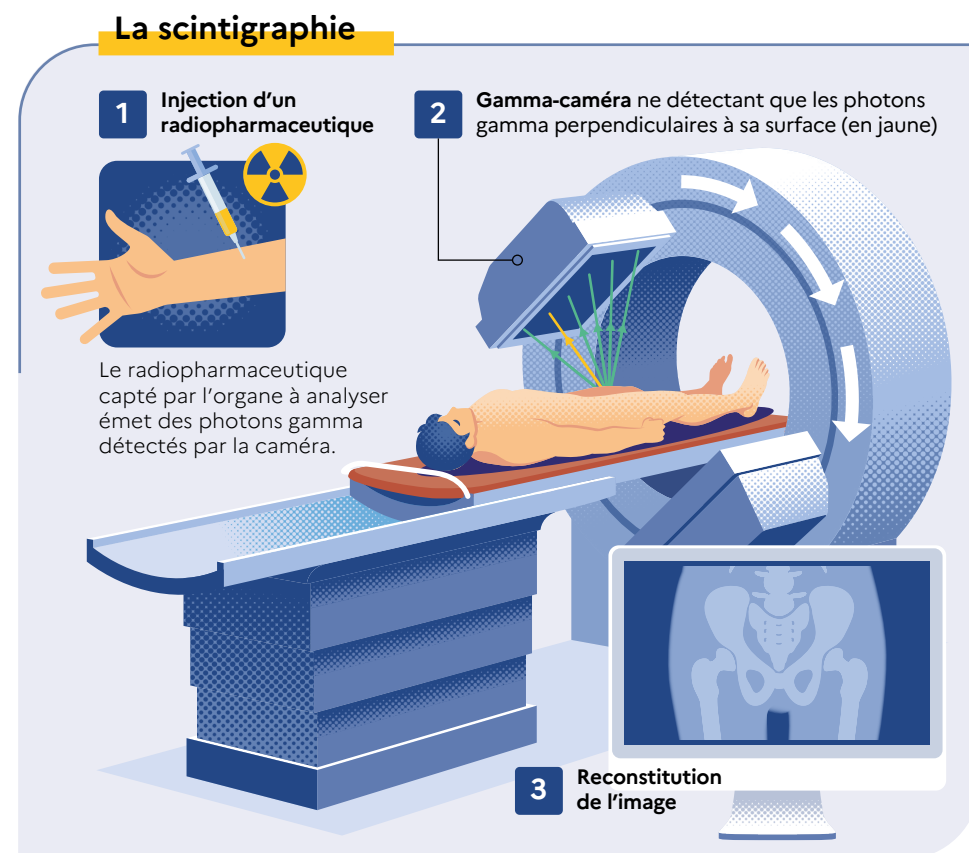
« Les doses utilisées en radiothérapie sont près de dix fois supérieures à celles utilisées pour l'imagerie, mais elles sont extrêmement localisées », souligne le Dr Serge Maia. Là encore, la durée de vie très courte des radionucléides permet leur gestion en décroissance dans les centres de médecine nucléaire, « à l'exception de ceux utilisés en biologie médicale, pour les analyses "radio-immunologiques" in vitro, dont les périodes radioactives peuvent dépasser les cent jours », précise le radiopharmacien. Les flacons de scintillation utilisés pour ces analyses font l'objet d'une catégorie à part entière dans le Guide d'enlèvement des déchets, pour en assurer la prise en charge. « Le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de l'Andra dans l'Aube dispose d'une machine qui broie les fioles puis les

centrifuge afin de séparer les liquides et les solides. Jusqu'à présent, nous demandions aux hôpitaux, aux laboratoires et aux centres de recherche de distinguer les flacons en polyéthylène de ceux en verre. Ce n'est maintenant plus nécessaire, notre machine peut traiter ces flacons de la même façon, ce qui facilite

grandement le quotidien des hôpitaux », explique Damien Dubois, responsable du Guide d'enlèvement à l'Andra.

De nouveaux traitements

Une nouvelle génération de radiothérapie interne vectorisée (RIV) est en train de voir le jour. Orano Med développe des



Préparation des produits radiopharmaceutiques.



Flie de plomb 212 pour une injection dans le cadre d'une alphathérapie ciblée.

alphathérapies ciblées à partir du plomb 212, un radionucléide générateur de rayonnement alpha avec une demi-vie de 10,6 heures. Sa production est entièrement chimique, par extractions et purifications successives des descendants du thorium 232, sans recours à un cyclotron ou à un réacteur nucléaire. « En octobre 2025, Orano Med et Sanofi ont présenté des résultats prometteurs issus d'un essai clinique de phase 2 avec leur candidat médicament le plus avancé, AlphaMedix™, dans les tumeurs neuroendocrines. Orano Med développe plusieurs traitements ciblant des récepteurs ou antigènes présents dans différents cancers. Deux essais cliniques sont en cours chez l'être humain afin d'évaluer la sécurité et l'efficacité de ces alphathérapies



Préparation de radiopharmaceutiques.

au plomb 212, notamment dans certains cancers gastro-intestinaux, du pancréas, du poumon, de la prostate ou du sein. Et deux nouveaux essais cliniques de phase 1 devraient être lancés au premier semestre 2026 », détaille Sophie Letournel, présidente et directrice générale par intérim d'Orano Med. « Les déchets que nous ne gérons pas en décroissance sont pris en charge par les centres de stockage en surface de l'Andra », souligne-t-elle.

Des déchets hors catégorie

Enfin, certains usages médicaux engendrent des déchets non standards. « Exceptionnellement, on nous contacte pour des sources de curiethérapie anciennes, au

radium, dont l'usage est proscrit en France depuis 1977 et, plus couramment, pour les matériaux issus du démantèlement d'accélérateurs utilisés en radiothérapie externe ou pour produire du fluor 18. Un accélérateur démantelé représente un volume d'environ 1 m³ pour une tonne. Ses pièces ont été activées : elles sont devenues radioactives, au fil des usages. Pour les gérer, il faut les caractériser, ce qui n'est pas toujours simple, même si les mesures indiquent que ces pièces sont majoritairement de très faible activité après deux ans d'arrêt », détaille Christophe Dumas, responsable de la prise en charge des déchets des producteurs non électronucléaires à l'Andra.

STÉRILISATION

L'irradiation par faisceaux d'électrons, rayons X ou rayonnement gamma est aussi couramment employée pour stériliser le matériel chirurgical et médical à travers son emballage : dispositifs à usage unique tels que les seringues ou les gants chirurgicaux, mais aussi poches de transfusion, prothèses, plaques et vis avant leur administration ou implantation aux patients. Pour l'irradiation par rayonnement gamma, les industriels recourent à des sources scellées de cobalt 60 ou de césium 137. Quand elles sont périmées, ces sources sont retournées à leur fournisseur. Les sources scellées usagées, de période inférieure ou égale à 31 ans (comme le césium 137 [30,1 ans] et le cobalt 60 [5,27 ans]), sont considérées comme des déchets de faible et moyenne activité, principalement à vie courte (FMA-VC), et stockées au Centre de stockage de l'Aube.

L'exposition à la radioactivité dans le domaine médical



1,5 millisievert/an

C'est l'exposition moyenne d'origine médicale des Français.

À titre de comparaison, l'exposition moyenne des Français à la radioactivité naturelle est de l'ordre de **3 millisieverts/an**.



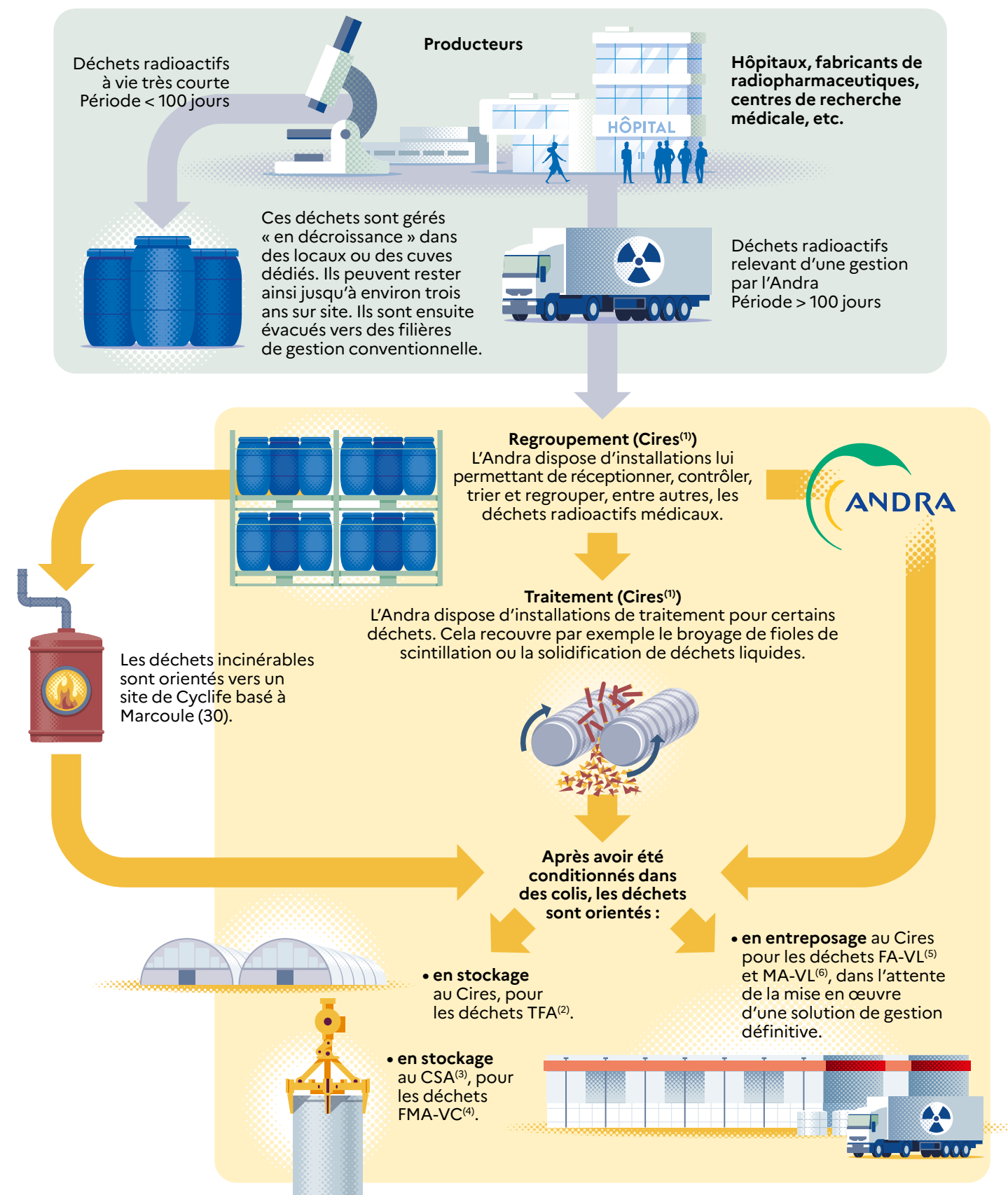
0,006 millisievert

Exposition due à une radiographie dentaire.

12 millisieverts
Exposition due à un scanner abdominal.

Source ASN

Le parcours d'un déchet radioactif du secteur médical



(1) Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires)

(2) Très faible activité (TFA)

(3) Centre de stockage de l'Aube (CSA)

(4) Faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)

(5) Faible activité à vie longue (FA-VL)

(6) Moyenne activité à vie longue (MA-VL)

Carte d'identité des déchets médicaux

Les établissements de santé génèrent des déchets de différentes natures, dont certains sont radioactifs. Quelques repères...

HÔPITAL

DE QUELS DÉCHETS PARLE-T-ON ?

DÉCHETS GÉNÉRAUX



Déchets ménagers
(restes alimentaires, papier, carton, plastique, etc.)



Déchets pharmaceutiques
(vaccins, médicaments périmés, etc.)



Déchets chimiques
(produits d'entretien, désinfectants, etc.)

700 000

tonnes de déchets sont générées chaque année dans les établissements de santé français.



75 à 90%

des déchets produits par les établissements de santé sont des déchets généraux (non infectieux ni dangereux)*.



* Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

DASRI

Déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI)
pointus et tranchants (seringues, aiguilles, scalpels, etc.) ou pouvant contenir des bactéries, parasites ou virus (compresses, poches de sang, etc.)



DÉCHETS RADIOACTIFS

DÉCHETS RADIOACTIFS

(tout liquide ou solide ayant potentiellement été contaminés par une source radioactive)



Environ **300 sites** déclarent des déchets radioactifs auprès de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs*. La production annuelle cumulée varie entre 1 et 10 m³.



2 360 m³
C'est, à fin 2024, le volume de **déchets radioactifs** géré en décroissance par les établissements du secteur médical.



Environ **1/3** des colis de substances radioactives transportés chaque année en France sont liés au secteur médical.

Déchets stockés dans les centres de l'Andra



0,5%

des déchets radioactifs déjà stockés ou destinés à être pris en charge par l'Andra sont issus du secteur médical. **Ce qui représentait environ 8 560 m³ à fin 2024.**

ACCUEIL

H



Utilisation de produits radioactifs dans un laboratoire pharmaceutique.

À quoi ressemblera la médecine nucléaire de demain ?

Le développement des techniques de radiothérapie s'accompagne du recours à d'autres radionucléides que ceux utilisés jusqu'à présent, qui interrogent les pratiques existantes en matière de gestion des effluents et des résidus radioactifs.

« L'imagerie représente 90 % de l'activité des services de médecine nucléaire. La dosimétrie a fortement decru en dix ans : les machines sont de plus en plus sensibles et les doses injectées de plus en plus faibles », relève Dominique Le Guludec, cardiologue et professeur de médecine nucléaire, ancienne présidente de la Haute Autorité de santé et de l'IRSN⁽¹⁾. Elle note, avec le développement rapide de la radiothérapie, le recours à des radionucléides différents. « On assiste à un retour des émetteurs alpha, utilisés par Marie Curie pour traiter des lésions cutanées, avec notamment des essais cliniques en cours sur l'actinium 225. Certains imaginent même utiliser des cocktails de radionucléides associant rayonnement alpha et rayonnement bêta », poursuit l'experte.

Nouveaux traitements, nouvelles sources de radioactivité

Pour l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

(ASNR), le 6^e plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) doit prendre en compte ces évolutions de la médecine nucléaire, notamment le développement de la radiothérapie interne et de l'alphathérapie. « La réflexion sur l'évolution de la gestion des déchets issus des activités médicales doit être incluse dans le débat public », plaide l'instance dans un avis du 4 mars 2025. « Les traitements par radiothérapie interne vectorisée au lutétium 177 (période radioactive d'environ 7 jours) sont de plus en plus souvent prescrits dans le traitement du cancer de la prostate. La production de ce radionucléide génère du lutétium 177 métastable en très faible concentration (entre 0,00001 % et 0,01 %, selon le mode de production), mais sa période radioactive est de 160 jours. Cette situation a conduit l'ASNR à revoir les conditions d'autorisation des services de médecine nucléaire. Les patients sont gardés au moins 6 heures dans les services, et le recueil de leurs

urines permet d'éliminer, après traitement, environ 50 % du lutétium. Le restant, plus long à éliminer, se retrouve dans les eaux usées une fois les patients de retour à leur domicile », explique Émilie Jambu, directrice adjointe à la direction des rayonnements ionisants et de la santé de l'ASNR.

Les effluents radioactifs sous surveillance

Pour éviter d'exposer le personnel des stations d'épurations, les services de médecine nucléaire renseignent un outil développé par l'ASNR, appelé « CIDDRE », qui évalue l'impact des rejets d'effluents radioactifs sur les travailleurs des réseaux d'assainissement. Celui-ci doit rester inférieur à 1 mSv par an. « Les futurs médicaments radiopharmaceutiques doivent intégrer dès leur conception la question de leur devenir final », conclut Émilie Jambu.

⁽¹⁾ Depuis 2025, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a fusionné avec l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), et ils forment désormais l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR).

____PORTRAIT____

Lionel Belvèze, grand ouvert sur le monde

Chargé de coopération internationale à l'Andra, Lionel Belvèze entretient les relations entre l'Agence et les autres organisations qui, partout dans le monde, prennent en charge la gestion des déchets radioactifs.



Lionel Belvèze

“
Nous ne sommes pas des spécialistes, mais des intermédiaires.”

Pour Lionel Belvèze, la fin d'année 2025 a ressemblé à un balai incessant de déplacements. Dès novembre 2025, direction Paris et le salon *World Nuclear Exhibition* pour échanger sur le stand de l'Andra avec de nombreux interlocuteurs étrangers du secteur du nucléaire. Une étape parisienne de courte durée avant de repartir sur les centres de l'Andra dans l'Aube et le Centre de Meuse/Haute-Marne (CMHM) pour accompagner des délégations venant des quatre coins du globe : des homologues croates, sud-africains, japonais et coréens, ou encore la ministre de l'Énergie des Philippines. Début décembre, départ pour la Slovénie pour assister, avec ses collègues, à la rencontre semestrielle des agences européennes en charge de la gestion de déchets radioactifs. En poste au service des relations internationales depuis octobre 2025, Lionel Belvèze n'a pas attendu pour plonger au cœur des sujets ! « *Tous les cinq ou six ans, j'aime bien évoluer, mais il faut trouver les bonnes opportunités, note-t-il. Je suis arrivé à l'Andra en 2020 pour m'occuper des achats de travaux au CMHM, où j'ai travaillé avec les fournisseurs locaux puis pris la tête du service. Quand l'annonce pour le poste de chargé de coopération internationale est parue, je me suis dit que c'était le bon moment pour me reconnecter avec mes activités précédentes, dont la majeure partie se déroulait à l'étranger.* »

De la Sibérie à Nancy

Ingénieur en génie chimique, Lionel Belvèze a travaillé dans le milieu pétrolier pendant treize ans dans plusieurs pays, dont une année en Allemagne et une en Sibérie. Il a ensuite rejoint l'Andra au CMHM. « *J'ai l'avantage d'être sur place pour accueillir les délégations étrangères, mais je peux aussi facilement accéder aux installations de l'Andra dans l'Aube*

ou rejoindre les autres membres du service Relations internationales au siège de l'Agence en région parisienne, tout est faisable. » Parmi les sept collaborateurs de ce service, Lionel et l'une de ses collègues se partagent les relations de coopération avec les organisations en charge de la gestion des déchets radioactifs des autres pays. Il s'agit de faire de la veille, de comprendre les orientations de chaque pays, de diffuser ces informations au sein de l'Andra et de promouvoir les interactions entre spécialistes. « *Certains services ont aussi des demandes spécifiques auxquelles il faut apporter des réponses* », précise-t-il. La plupart de ces échanges ont lieu dans le cadre d'accords de coopération dont certains traduisent des relations très anciennes. L'Andra étudie également la possibilité de signer de nouveaux accords auprès de pays pour lesquels il existe des intérêts mutuels, comme l'Afrique du Sud.

Faire passer le courant

« *Ma collègue et moi ne sommes pas des spécialistes, mais des intermédiaires, analyse Lionel Belvèze. Les échanges se font d'égal à égal. Suivant les thématiques, nous apportons ou nous en retirons quelque chose. La condition, c'est que le courant passe dans les deux sens. Nous nous répartissons les pays selon nos affinités, c'est un métier relationnel.* » Et rien n'est laissé au hasard pour les chargés de coopération internationale. Tout doit être parfaitement préparé, car ils emportent dans leurs bagages l'image de l'Andra.

Temps long, science et responsabilité : entretien avec Jean Jouzel

Pour l'éminent climatologue Jean Jouzel venu visiter le Laboratoire souterrain de l'Andra, temps long, rigueur et transparence sont communs à la recherche climatique comme au stockage géologique profond.

Vous avez visité le Laboratoire souterrain pour la première fois. Quelle impression en gardez-vous ?

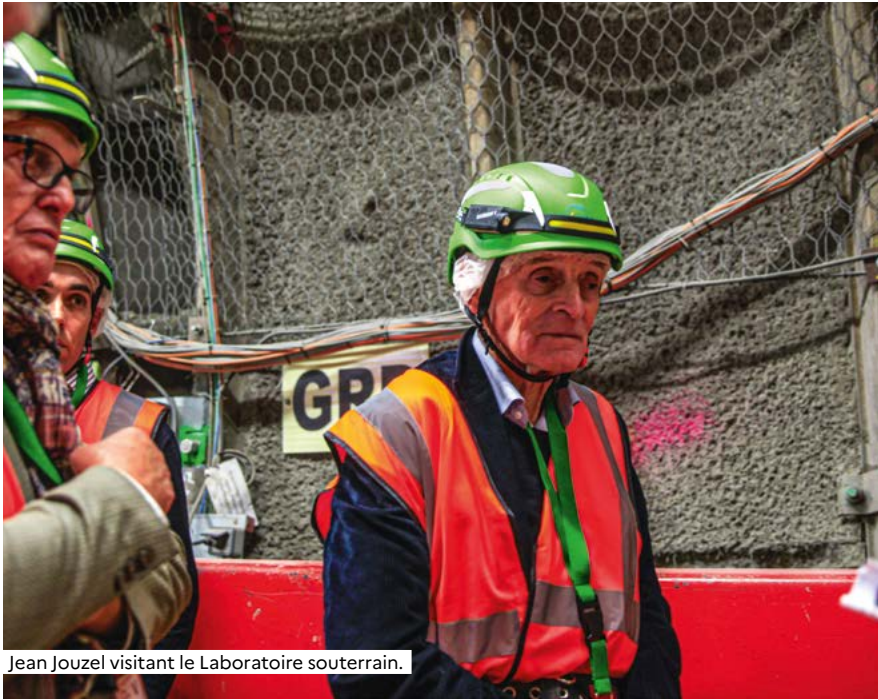
— C'était une journée dense et pour moi une vraie découverte. Ce qui m'a frappé, c'est la démarche très systématique : on avance pas à pas, sans se précipiter, ce qui est indispensable pour un projet inscrit dans un temps aussi long. Je ne suis pas assez spécialiste du sujet pour avoir une opinion tranchée, mais j'ai trouvé la démarche rigoureuse et sérieuse.

Dans les sciences du climat comme pour le stockage des déchets radioactifs, on se projette loin dans le futur. Comment jugez-vous l'approche de l'Andra ?

— Il est positif de prendre le temps de répondre aux questions légitimes, y compris celles des opposants. C'est normal qu'un tel projet suscite des interrogations. Mais il faut rester humble : quand je suis arrivé au CEA, on estimait qu'il n'y avait qu'une chance sur un milliard d'avoir un accident nucléaire majeur... et nous en avons eu trois depuis. Cela rappelle qu'il ne faut pas surestimer nos connaissances.

Vous êtes très actif dans les médias. Pensez-vous que la science est en péril ?

— Les faits sont très clairs concernant le climat et pourtant le climatocépticisme progresse. C'est une façon de ne pas regarder la réalité. Les réseaux sociaux y contribuent fortement : il est plus facile d'y affirmer n'importe quoi que de rétablir la vérité.



Jean Jouzel visitant le Laboratoire souterrain.

“
Climat ou stockage géologique : dans les deux cas, il faut convaincre.”

Quel parallèle faites-vous entre le dialogue avec la société sur les questions climatiques et celui autour de Cigéo ?

— Dans les deux cas, il y a la nécessité de convaincre. Pour le climat comme pour le stockage géologique, il faut expliquer, répondre calmement aux questions, accepter la contradiction. C'est à ceux qui portent la parole scientifique de devoir argumenter. Les questions sont souvent légitimes, et il faut y répondre de manière claire et sereine.

Au-delà des aspects techniques, qu'est-ce que ce type de projet vous évoque ?

— Le climat et le stockage géologique sont différents, mais partagent une même exigence : penser sur le temps long et assumer une responsabilité envers les générations futures. ●

JEAN JOUZEL EN BREF

Né le 5 mars 1947. Paléoclimatologue français, ancien vice-président d'un groupe de travail du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Lauréat de nombreux prix scientifiques, notamment le prix Vetlesen, considéré comme la plus haute récompense pour les sciences de la Terre.



Lire notre interview complète : <https://urls.fr/TCT9rH>



Événements significatifs : transparence et rigueur

Conformément au code de la santé publique et à la réglementation relative aux installations nucléaires de base (INB), l'Andra a l'obligation de déclarer à l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) tout événement significatif. De quoi s'agit-il ? Explications.



Consultez les avis d'incidents au Centre de stockage de la Manche : <https://urls.fr/sqEtgs>



Consultez les avis d'incidents au Centre de stockage de l'Aube : <https://urls.fr/99Nfoj>



QUE SONT LES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS ?

Il s'agit des écarts, anomalies, incidents ou accidents susceptibles de porter atteinte à la radioprotection des personnes, à la sûreté des installations, à la protection de l'environnement ou encore au transport de matières dangereuses. Leur gravité est évaluée selon l'échelle internationale INES⁽¹⁾, qui les classe en sept niveaux allant d'un écart sans importance du point de vue de la sûreté (niveau 0) à un accident majeur (niveau 7) comme ceux de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon) en mars 2011 et de celle de Tchernobyl (Ukraine) en avril 1986.

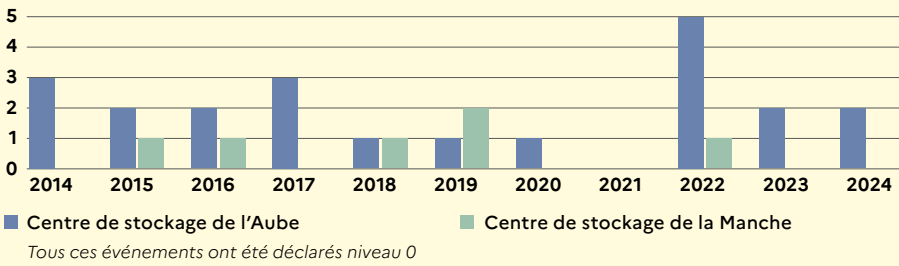
(1) International Nuclear Event Scale (Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques).

ET À L'ANDRA ?

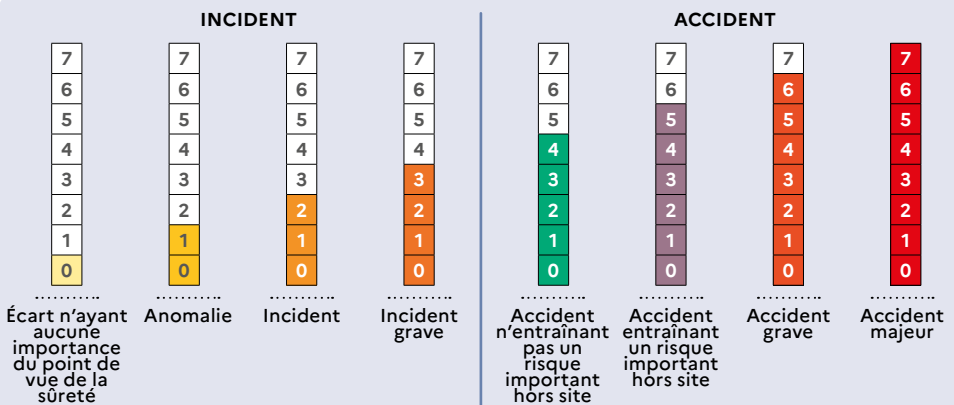
Depuis plusieurs années, les événements significatifs déclarés par l'Andra pour les deux installations INB qu'elle exploite⁽¹⁾ sont de niveau 0. Ils sont listés dans le rapport annuel grand public de chaque site et sont présentés, conjointement avec l'ASNR, à chaque Commission locale d'information (Cli). En 2024, le Centre de stockage de la Manche n'a déclaré aucun événement significatif, tandis que le Centre de stockage de l'Aube en a déclaré 2.

(1) Le Centre de stockage de la Manche (CSM) et le Centre de stockage de l'Aube.

NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS DÉCLARÉS PAR L'ANDRA DEPUIS 2014



LES 7 NIVEAUX DE L'ÉCHELLE INES



QUID DES « ÉVÉNEMENTS INTÉRESSANTS » ?

À la différence des événements significatifs, les événements intéressants pour la sûreté, la radioprotection ou l'environnement sont définis par les critères de l'exploitant et font l'objet d'une information (et non une déclaration) à l'ASNR. Ce sont des événements dont l'importance immédiate ne justifie pas une analyse individuelle mais qui se répètent et peuvent donc être le signe d'un problème nécessitant une analyse approfondie.

COMMENT SONT-ILS GÉRÉS ?

Lorsqu'un événement significatif survient, l'exploitant de l'installation nucléaire doit le déclarer à l'ASNR dans les meilleurs délais avec une proposition de classement sur l'échelle INES. L'ASNR analyse les informations et confirme, ou non, le niveau INES proposé. Toutes les informations relatives à ces événements sont publiques. Ainsi, l'Andra et l'exploitant communiquent sur leur site Internet à partir du niveau 1 et dans la presse à partir du niveau 2. Dans les deux mois qui suivent la déclaration, l'exploitant transmet à l'ASNR un compte rendu détaillé décrivant ce qui s'est passé, comment l'événement a été détecté, les actions immédiates prises et les causes identifiées. Le document doit aussi évaluer les conséquences possibles et présenter les actions prévues pour éviter la répétition de l'événement. L'ASNR instruit le compte rendu et envoie un rapport à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).



Mise en place de l'essai de remblaiement au Laboratoire souterrain.

Sous terre, les essais de fermeture prennent forme

Après plusieurs mois d'essais en surface, l'Andra a lancé mi-septembre 2025 le premier remblaiement expérimental d'une galerie au fond du Laboratoire souterrain. Une étape clé pour préparer les opérations de fermeture de Cigéo.

Depuis fin 2023, des essais menés en surface ont permis de mettre au point le matériau et les méthodes de remblaiement appelés à être utilisés dans Cigéo. Différents mélanges de sable et d'argillites ont été comparés, les techniques de mise en place optimisées, et leur compatibilité avec l'instrumentation vérifiée. « Nous disposons désormais d'une méthode validée, tant sur les plans techniques qu'opérationnels », souligne Youssef Fawaz, ingénieur géomécancien à l'Andra.

Un premier remblaiement en conditions réelles

Ces travaux ont ouvert la voie au premier essai souterrain, à 500 mètres de profondeur, dans une galerie du Laboratoire. Commencé en septembre 2025, il a pour objectif de combler 10 mètres de galerie avec environ 300 m³ de matériaux foisonnés mis en place à l'aide d'une machine télécommandée, éprouvée lors des essais en surface⁽¹⁾. Le mélange retenu se compose de

70% de sable et de 30% d'argillites issues des roches creusées dans le Laboratoire souterrain et triées pour former des grains ne dépassant pas 20 millimètres de diamètre. Le tout est homogénéisé et hydraté avant mise en place. L'essai doit permettre de confirmer le comportement du remblai, une fois hydraté, ainsi que la bonne mise en œuvre du procédé.

Vers les futurs ouvrages de fermeture

Ce premier remblaiement fait partie d'un programme plus large d'essais. En effet, deux types d'ouvrages de fermeture sont prévus dans Cigéo : les remblais, qui assurent avant tout un soutien physique de la roche, et les scellements, véritables barrières étanches. Deux autres démonstrateurs seront installés en 2026 puis en 2027 dans différentes galeries du Laboratoire souterrain afin d'explorer d'autres configurations autour de dispositifs de scellement. Ainsi, les équipes de l'Andra et

leurs partenaires se préparent pas à pas aux futurs démonstrateurs d'ouvrages de fermeture, installés dès le début de la construction de Cigéo. ●

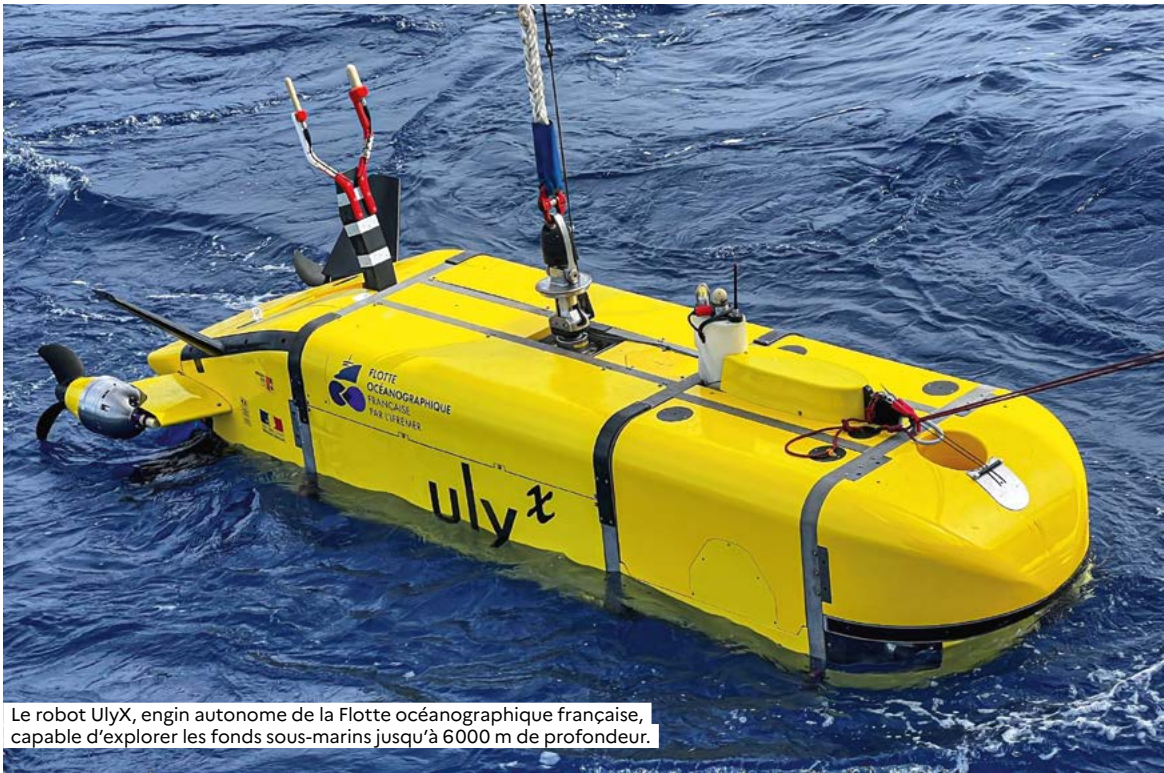
(1) Le foisonnement correspond à l'augmentation naturelle de volume d'un matériau après extraction.



Le remblai est composé de sable et d'argillites.

Nodssum : plongée à 5 000 m pour mesurer l'impact des déchets immergés

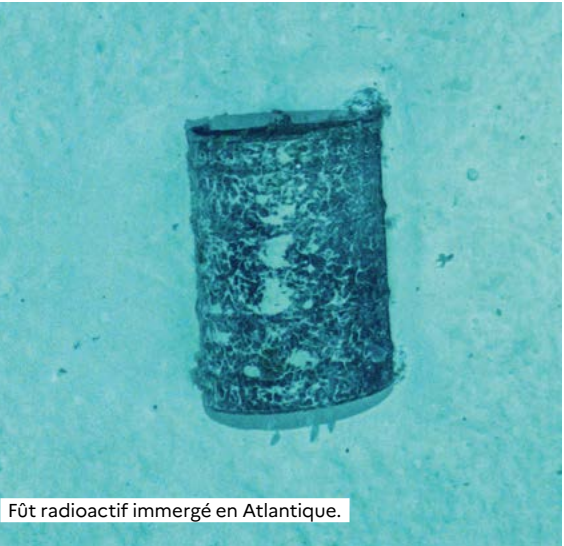
L'un des premiers moyens utilisés pour isoler les déchets radioactifs de l'être humain a été l'immersion dans les océans. Plusieurs décennies plus tard, une nouvelle expédition de surveillance cherche à comprendre ce que sont devenus ces fûts immergés dans les années 1960 et à mesurer leur impact sur l'environnement.



Le robot UlyX, engin autonome de la Flotte océanographique française, capable d'explorer les fonds sous-marins jusqu'à 6000 m de profondeur.

Un peu d'histoire

Entre 1949 et 1982, plus de 200 000 fûts contenant des déchets faiblement radioactifs ont été immergés sur différents



Fût radioactif immergé en Atlantique.

sites dans l'Atlantique Nord-Est, par plusieurs pays européens (dont la France). À l'époque, l'océan, jugé stable et profond, apparaissait comme un isolant naturel. Le dépôt de ces fûts en fonds marins, après conditionnement pour les plus actifs d'entre eux, était alors considéré comme sûr par la communauté scientifique, car la distance avec la surface, la dilution et la durée présumée d'isolement apportées par le milieu marin étaient estimées suffisantes. La Convention de Londres de 1972 a mis en place un contrôle de l'immersion de déchets en mer, avant une interdiction définitive de cette pratique en 1993, décision fondée sur des considérations morales, sociales et politiques. Des programmes

de surveillance des sites d'immersion ont été menés à partir des années 1980 à la suite de l'engagement des pays signataires de la convention d'effectuer un suivi scientifique des déchets radioactifs en mer. La surveillance s'est arrêtée dans les années 1990, car les analyses n'ont montré aucune augmentation de la radioactivité.

Cartographier l'héritage des abysses

Depuis, la connaissance des fonds marins s'est enrichie et les scientifiques savent désormais que les abysses abritent un écosystème. C'est dans ce contexte que, le 16 juin 2025, la mission Nodssum, menée par le CNRS⁽¹⁾ et l'Ifremer⁽²⁾, a mobilisé une quarantaine de chercheurs

français et étrangers. À bord du navire *L'Atalante*, fleuron de la Flotte océanographique française, ils avaient pour mission de cartographier, de photographier et d'analyser les déchets immergés entre 1971 et 1982 à près de 4 700 mètres de profondeur, à un millier de kilomètres au large de la Bretagne. Équipé du robot autonome UlyX, capable de plonger à plus de 6 000 mètres, le navire a sondé une zone de 163 km², recensant 3 350 fûts. Cinquante d'entre eux ont pu être photographiés avec une précision inédite.

« Nous avons pu effectuer trois plongées pour réaliser des prises de vues permettant d'observer une vingtaine de fûts dans des états plus ou moins dégradés. Au global, nous avons plus de 300 échantillons à analyser : différents organes de poissons, différentes profondeurs pour chacune des carottes... complète Patrick Chardon, responsable de la mission. Ces données, combinées à la cartographie des fûts, vont nous permettre de sélectionner les zones les plus pertinentes à étudier lors de la campagne de 2026, qui prévoit des prélèvements cette fois-ci à proximité immédiate, voire directement sur les fûts. »

Un passé immergé, un avenir à explorer

La durée de vie des fûts métalliques avait été estimée entre vingt et vingt-cinq ans, un délai largement dépassé. Certains sont désormais colonisés par la faune abyssale, d'autres présentent des signes de corrosion. L'enjeu, à la fois scientifique et mémoriel, est de comprendre comment ces matériaux interagissent avec les écosystèmes profonds et de transmettre ce savoir.

Une deuxième campagne sera organisée en 2026 pour aller sonder les profondeurs de l'Atlantique Nord-Est, cette fois au contact direct des fûts. Objectif : étudier la vie qui s'y est installée et prélever

sédiments, eaux et organismes vivants au plus près des sources potentielles de contamination. Ces analyses permettront de mieux comprendre :

- la corrosion réelle des fûts après plus de cinquante ans sous pression ;
- la dispersion éventuelle des radionucléides dans l'écosystème marin ;
- et l'impact biologique sur les espèces abyssales qui ont colonisé ces dépôts.

Cette nouvelle campagne ne vise pas à récupérer les déchets, mais bien à comprendre ce qui se passe dans ces sites sous-marins pour en assurer un suivi à long terme.

Le rôle de l'Andra : rendre accessibles les données sur les déchets immergés

Si l'Andra ne participe pas aux expéditions de surveillance, elle joue un rôle clé dans la diffusion des informations sur ces déchets immergés, notamment à travers l'*Inventaire national*⁽³⁾. Cette mission découle des travaux du Grenelle de la Mer de 2009, où l'engagement a été pris de « consolider l'inventaire des décharges sous-marines de déchets nucléaires, en apprécier la dangerosité et établir des priorités pour réaliser des analyses sur la faune et la flore sédentaires et les sédiments »⁽⁴⁾. Un moyen de récolter des informations relatives à l'immersion des déchets radioactifs au niveau international, incluant les données propres aux déchets radioactifs français.

Le travail de recensement de l'Andra a permis de reconstituer un atlas précis des immersions passées : la France a par exemple immergé plus de 45 000 fûts lors de deux campagnes menées en 1967 et 1969, soit environ 14 000 tonnes de déchets, principalement des boîtes de traitement et du matériel de laboratoire faiblement radioactif. Ces opérations, menées sous l'égide d'une organisation internationale, l'Agence

pour l'énergie nucléaire (AEN), se situaient à environ 1 000 kilomètres des côtes françaises, dans le golfe de Gascogne. ●

(1) Centre national de la recherche scientifique.
(2) Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
(3) Inventaire de l'intégralité des matières et déchets radioactifs présents sur le territoire français mis à jour chaque année par l'Andra.
(4) Livre bleu des engagements du Grenelle de la Mer – 10 et 15 juillet 2009.

1946
Premières immersions de déchets radioactifs par les États-Unis dans le Pacifique

1949
Première immersion européenne (Royaume-Uni) dans l'Atlantique Nord-Est

1967 et 1969
Campagnes coordonnées par l'AEN, avec participation de la France

1972
Signature de la Convention de Londres pour le contrôle de l'immersion

1993
Interdiction internationale de l'immersion des déchets radioactifs

2009
Grenelle de la Mer – L'Andra se voit confier la consolidation des inventaires

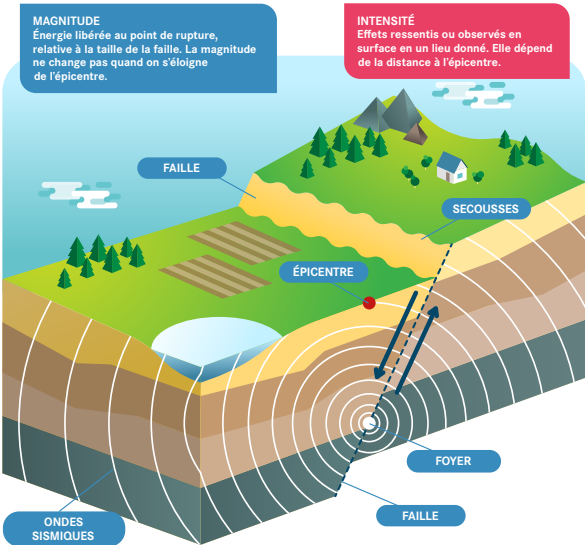
2025
Mission Nodssum 1^{re} campagne

2026
Mission Nodssum 2^e campagne

#ON VOUS RÉPOND

Comment mesure-t-on un tremblement de terre ?

Un séisme est une secousse ressentie à la surface de la Terre, provoquée par la rupture en profondeur de deux blocs de l'écorce terrestre. La magnitude et l'intensité sont prises en compte pour définir sa force. La magnitude, qui ne varie pas quand on s'éloigne de l'épicentre, définit l'énergie libérée par un séisme au point de rupture. La mesure la plus utilisée aujourd'hui est la magnitude Mw liée directement à l'énergie libérée⁽¹⁾.



L'intensité, qui dépend de la distance à l'épicentre, est mesurée selon l'échelle EMS-98. Elle est estimée à partir des effets ressentis sur les êtres humains, les objets, l'environnement et les bâtiments.

En France métropolitaine, 95 % de l'activité sismique est très faible, contre 5 % d'activité modérée. L'activité est la plus marquée dans les Alpes, le fossé rhénan et les Pyrénées, faible dans le Massif armoricain et le Massif central, et très faible dans le Bassin parisien, lieu d'implantation des centres de l'Andra dans l'Aube et de Cigéo.

L'Andra évalue l'aléa sismique à prendre en compte pour le dimensionnement de ses centres de stockage, en prenant des marges considérables. Des systèmes d'alarme et des procédures d'intervention d'urgence sont également en place. Dans le cadre des réexamens de sûreté décennaux, l'Agence réévalue la robustesse de ses installations au regard des dernières acquisitions de connaissances sur les séismes.

⁽¹⁾ Elle est plus adaptée à de très forts séismes que l'échelle de Richter, valable pour des séismes proches et superficiels.

Pour tout comprendre sur les tremblements de terre : <https://urls.fr/CU30Aj>



#ILS SONT VENUS NOUS VOIR



La ministre de l'Énergie des Philippines, Sharon S. Garin, a visité le Laboratoire souterrain de l'Andra en Meuse/Haute-Marne.

« La visite du Laboratoire souterrain de l'Andra nous a apporté une vision précise des défis et des solutions de gestion des déchets radioactifs, notamment face aux réalités philippines. La qualité des échanges et l'accueil ont été remarquables. La visite du Laboratoire fut le meilleur moment de notre séjour en France. »



Vous aussi, vous souhaitez mieux comprendre la gestion des déchets radioactifs ? Contactez le service Communication au 03 29 75 53 73 ou par e-mail à visite.55.52@andra.fr

PHOTOMYSTÈRE



Que représente cette photo ?

Il s'agit d'un trépan tricone, une tête de foreuse utilisée pour percer le sol lors de forages géotechniques, notamment dans le cadre du DR0.



Pour en savoir plus
sur le projet Cigéo,
découvrez l'exposition
« Dessus/Dessous ».

Tous les dimanches
d'avril à octobre,
venez visiter
nos expositions.

ARCHÉO

UNE EXPO À CREUSER !



Pour comprendre le métier
d'archéologue (public familial).

Programmation spéciale
pour les scolaires.

INFOS ET PROGRAMMES SUR :
MEUSEHAUTEMARNE.ANDRA.FR

