



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



PRINTEMPS 2025 N° 50

le Journal de l'Andra

— ÉDITION MEUSE/Haute-MARNE

- **Déchets radioactifs :**
construire une gestion
responsable partout
dans le monde

P.10



Sommaire

en bref

- P.4 Demande d'autorisation de création de Cigéo : deuxième étape de l'instruction technique
- P.5 Visite du président d'EDF et du président de Région



tableau de bord

- P.6 Le Journal de l'Andra : 15 ans au service de l'information

territoire

- P.7 L'Andra parraine le "jardin du bonheur" à Vaucouleurs
- P.8 Travaux préparatoires à Cigéo : l'enquête publique
- P.9 Compensation collective de Cigéo : l'appel à projets se poursuit



dossier



P.10 Dossier

Déchets radioactifs : construire une gestion responsable partout dans le monde

- P.11 Une mobilisation collective
- P.12 Panorama de la gestion des déchets radioactifs dans le monde
- P.14 Les acteurs de la coopération internationale
- P.15 État des lieux de la gestion des déchets les plus radioactifs dans le monde
- P.18 Déchets de très faible à moyenne activité : des dispositifs variés
- P.20 Quand l'Andra partage son expertise à l'international

portrait

- P.22 Paul-Olivier Redon, la « clé de sol » de l'Andra en Meuse/Haute-Marne

l'invité

- P.23 Une vision globale et prospective – Entretien avec Jean-Paul Bouttes

reportage

- P.24 Mission accomplie ! Une maison décontaminée à Ribérac



décryptage

- P.26 Cigéo : la phase industrielle pilote en 5 points

innovation

- P.28 SAM, le robot qui a le bras long

entre nous

- P.30 On vous répond : Pourquoi ne pas envoyer les déchets radioactifs dans l'espace ?
- P.30 #Ils sont venus nous voir
- P.31 Photomystère

le
Journal
del'Andra

Édition Meuse/Haute-Marne N° 50

Centre de Meuse/Haute-Marne

CMHM RD 960 - BP9 - 55290 - Tél. : 03 29 75 89 60 – journal-andra@andra.fr

Directrice de la publication : Gaëlle Saquet • Directeur de la rédaction : Antoine Billat • Rédacteur en chef : Damien Maury-Tarriet • Ont participé à la rédaction : Alexia Attali, Isabelle de Buyer, Yann Cabaret, Olivier Constant, Guillaume Tixier, Séverine Vallat • Responsable iconographie : Sophie Muzerelle • Crédits photos : AdobeStock, Andra, Ballon-sz.de - Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Germany license, J.-P. Bouttes, N. Dohr, Enresa, E. Girardot, iStockphoto, KORAD, Nagra, Ondraf, E. Poirot, SGDN/NWMO • Dessins : Antoine Chereau • Infographies et illustrations : Citizen Press, A. Levesque • Conception et réalisation : Citizen Press, Paris : www.citizen-press.fr • Impression : B LG Toul - Siret 43761704600044 - Imprimé sur du papier issu de forêts durablement gérées dans une imprimerie certifiée Imprim'vert • © Andra - 371-50 • DDP/DICOM/24-0090 • : ISSN 2106-8291 (imprimé), ISSN 3037-0256 (en ligne) • Tirage : 195 220 ex.



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).

LE POINT DE VUE DE CHEREAU

Quelque part dans le monde en 2125...



*STOCKAGE

La gestion des déchets radioactifs est une responsabilité commune à tous les pays qui utilisent les technologies nucléaires. Tandis que diverses solutions de stockage peuvent être mises en œuvre pour les déchets radioactifs de très faible à moyenne activité, de nombreux pays dans le monde convergent vers la voie du stockage géologique profond pour les déchets les plus radioactifs. Le point complet dans notre dossier en page 10.

8 047

C'est le nombre de visiteurs accueillis au Centre de Meuse/ Haute-Marne de l'Andra en 2024. Une fréquentation en augmentation par rapport à 2023 (6825 visiteurs), qui témoigne de l'intérêt du public pour le centre et les rendez-vous phares proposés au cours de l'année : Fête de la science, journée Perspectives Business, la semaine des métiers du Nucléaire, etc. Pour en savoir plus sur nos visites, rendez-vous sur : <https://lc.cx/0aEuZD>

Demande d'autorisation de création de Cigéo : deuxième étape de l'instruction technique

Le 16 janvier, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) a publié une information sur la deuxième phase de l'instruction technique de la demande d'autorisation de création (DAC) de Cigéo. Celle-ci porte sur l'évaluation de la sûreté du stockage pendant son exploitation. Elle se fonde sur les avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) et du groupe permanent d'experts.

Ces derniers considèrent que « la démonstration de sûreté du fonctionnement des installations de surface et de l'infrastructure souterraine de Cigéo présentée par l'Andra est globalement satisfaisante pour ce stade de développement du projet ». Ces avis comportent des demandes complémentaires afin de conforter l'évaluation de la sûreté avant le stockage des premiers colis de déchets radioactifs. L'Andra s'est engagée à apporter les éléments demandés à des échéances définies en cohérence avec les étapes de construction des installations, ce qui a été jugé satisfaisant par l'IRSN.



Pour en savoir plus : https://lc.cx/_CYGd5



Secours incendie : un nouveau camion d'intervention pour l'Andra

Depuis novembre 2024, le Centre d'incendie et de secours (CIS) de Bure, basé sur le site de l'Andra, dispose d'un nouveau camion d'intervention. Il s'agit d'un camion-citerne rural moyen, conçu pour les zones rurales et les feux de forêt. Remplaçant un ancien véhicule, il

intègre des équipements modernes qui renforcent les capacités de secours des 49 sapeurs-pompiers du CIS. L'objectif ? Intervenir avec encore plus d'efficacité sur les sites de l'Andra en Meuse/Haute-Marne et dans les communes environnantes. ●



dans les médias

Quand la curiosité n'est pas un vilain défaut !

Créé par quatre acteurs publics de la vulgarisation scientifique en Nouvelle-Aquitaine, le média Curieux ! met en ligne des articles pédagogiques sur une grande variété de sujets. En partenariat avec l'Andra, trois courtes vidéos ont récemment été postées sur la radioactivité, les déchets radioactifs et leur stockage. Jérémy le Chimiste – plus de 25 000 abonnés sur Instagram – y trouve le ton et les mots justes pour faire comprendre les phénomènes en jeu, qu'ils relèvent de l'action de la nature ou de l'homme. Ces vidéos sont à découvrir sur Instagram. En quelques semaines, elles ont déjà recueilli près de 2 500 « j'aime » !



Retrouvez les vidéos sur :
<https://lc.cx/A8Mo-7>
<https://lc.cx/5BEuDI>
https://lc.cx/I_EwKu





Visite des présidents d'EDF et de Région dans le Laboratoire souterrain.

Visite du président d'EDF et du président de Région

L'Andra a terminé l'année 2024 sur un temps fort : la visite du président-directeur général d'EDF et du président de la Région Grand Est au Laboratoire souterrain, où sont menées des études sur le stockage profond des déchets les plus radioactifs.

C'est après avoir inauguré la quatrième extension de la plateforme logistique de Velaines/Tronville-en-Barrois, dédiée au stockage des pièces de rechange du parc nucléaire français, que Luc Rémont et Franck Leroy, respectivement président-directeur général du groupe EDF et président de la région Grand Est, se sont rendus sur le site de l'Andra.

Accompagnés de Gaëlle Saquet, directrice générale par intérim de l'Andra, du sénateur Franck Menonville et du président du conseil départemental de la Meuse Jérôme Dumont, ils ont été guidés par Patrice Torres, directeur industriel et des activités du Grand Est, et Sarah Dewonck, adjointe à la cheffe de centre, pour découvrir ensemble les recherches menées par l'Andra au Laboratoire en vue de développer Cigéo.

« Je veux remercier l'Andra, c'était une visite extrêmement précieuse pour moi », a déclaré Luc Rémont, président-directeur général d'EDF. « C'est la seconde fois que j'ai la chance de visiter le Laboratoire et je suis toujours très admiratif du savoir-faire développé par l'Andra », a souligné quant à lui Franck Leroy, président de la région Grand Est.

Renforcer la coopération

La matinée de visite s'est conclue par un déjeuner d'échanges en présence d'élus locaux. Une occasion de réaffirmer les synergies entre acteurs industriels et territoires, et de signer une déclaration de coopération renforcée avec les groupements d'intérêt public (GIP) Objectif Meuse et Haute-Marne⁽¹⁾.

Cette déclaration vise à développer la collaboration et le partage d'expériences au service de la maîtrise de la consommation d'énergie, de la

décarbonation et de l'électrification des usages. Elle s'inscrit dans le cadre du programme d'accompagnement économique d'EDF en Meuse et en Haute-Marne, qui repose sur quatre piliers :

- développer le pôle logistique et maintenance nucléaires ;
- soutenir le développement des entreprises pour les aider à faire face aux défis de la transition énergétique ;
- contribuer à faire de la Meuse et de la Haute-Marne des territoires d'excellence en matière d'efficacité énergétique et de décarbonation ;
- accompagner le développement des compétences et l'attractivité des métiers de la filière nucléaire. ●

(1) Dans le cadre de la création du Laboratoire souterrain et du projet Cigéo, deux groupements d'intérêt public (GIP) ont vu le jour en 2000 : le GIP Objectif Meuse et le GIP Haute-Marne. Ces établissements publics redistribuent au territoire des fonds versés par les producteurs de déchets (CEA, EDF et Orano) pour des projets de développement.



Signature de la déclaration de coopération renforcée avec les GIP de Meuse et de Haute-Marne.

Le Journal de l'Andra : 15 ans au service de l'information

Depuis quinze ans, le *Journal de l'Andra* est distribué aux riverains des centres de l'Agence. 50 numéros au total, qui ont permis aux lecteurs de suivre le quotidien des équipes et de s'informer sur leurs différents métiers et projets. Et ça n'est pas fini !

Il y a eu un avant...

Avant le *Journal de l'Andra*, chaque centre avait déjà un support d'information papier : dans l'Aube, il s'appelait *Repères*; dans la Manche, c'était *Perspectives*; et en Meuse/Haute-Marne, il s'agissait de *La Vie du Labo*. Vous en souvenez-vous ?



Une mission d'information

La mise à disposition du public des informations relatives à la gestion des déchets radioactifs n'est pas seulement une des missions de l'Andra inscrite dans la loi, c'est aussi un devoir. Dès les années 1980-1990, des journaux ont été distribués périodiquement autour des centres avant que l'Agence n'homogénéise son dispositif d'information en créant un même titre pour tous ses sites : le *Journal de l'Andra*. Une publication qui s'est enrichie depuis son tout premier numéro, paru en janvier 2010, pour répondre à vos attentes.

Un journal qui évolue avec son temps

En quinze ans, le *Journal de l'Andra* a évolué. Jusqu'en 2017, en plus des éditions locales, il existait une édition nationale devenue depuis *Le Mag* et uniquement publiée sur le site Internet de l'Andra. Par ailleurs, quatre grandes évolutions éditoriales et graphiques se sont succédé afin de mieux répondre aux attentes des lecteurs et dans un souci de modernité. Enfin, digitalisation oblige, chaque édition est également disponible en version numérique⁽¹⁾.



LE JOURNAL DE L'ANDRA EN CHIFFRES

180
journaux, toutes
éditions confondues

846 147
exemplaires imprimés
en 2024 sur du
papier issu de forêts
durablement gérées

Plus de
78 %
des lecteurs lisent
le *Journal de l'Andra*
régulièrement⁽²⁾

Le *Journal de l'Andra* suscite
89 à 98 %
d'opinions positives
(aspect visuel, intérêt
des sujets, pertinence
de l'information, etc.)⁽²⁾

(1) Pour s'abonner : journal-andra@andra.fr

(2) Voir le *Journal de l'Andra* n° 43 : <https://lc.cx/VRqLEH>



Le jardin thérapeutique.

L'Andra parraine le "jardin du bonheur" à Vaucouleurs

Depuis vingt ans, l'Andra apporte un soutien actif au territoire de Meuse/Haute-Marne où elle est implantée. L'un des projets parrainé et inauguré récemment est la création d'un jardin thérapeutique pour les résidents de l'EHPAD⁽¹⁾ Vallée de la Meuse à Vaucouleurs.

Le site de Vaucouleurs disposait à l'origine d'un bel espace arboré, mais difficilement praticable faute d'aménagements adaptés. Convaincue de l'intérêt de transformer cet espace en un lieu de détente, de créativité et de rencontre entre résidents et visiteurs, la direction de l'établissement a décidé de le reconvertir en jardin thérapeutique. « Bénéficiaire d'un espace extérieur est bon pour la santé, car cela favorise l'activité physique et stimule les sens, explique Corinne Florentin, psychologue à l'EHPAD Vallée de la Meuse. C'est aussi un moyen de susciter davantage d'interactions sociales et d'imaginer des activités différentes pour nos résidents. Nous avons constitué des groupes de travail et interrogé les résidents et leurs familles pour nourrir le projet. Sa réalisation était très attendue. » Sollicitée en tant qu'acteur local, l'Andra a répondu favorablement. Son soutien financier a contribué à la création d'un chemin de déambulation et à ses aménagements. Une aide qui s'inscrit pleinement dans le cadre de la charte de

parrainage de l'Agence, dont l'un des axes concerne les actions en faveur de la solidarité et de la cohésion sociale.

Le jardin du bonheur

Le nouveau jardin thérapeutique a été inauguré en juin 2024. Implantation d'un nichoir à chouettes, créations éphémères sur un tableau à dessin, installation de suspensions qui tintent grâce au vent, entretien d'herbes aromatiques, recueil d'informations météorologiques, organisation d'un goûter, promenades avec les familles... Autant d'activités désormais proposées aux résidents. Enfin, dans le cadre de ce parrainage, l'Andra a animé le 20 novembre dernier une conférence devant des résidents du site de Vaucouleurs et du site voisin de Void-Vacon⁽²⁾, leur famille et le personnel de l'établissement. « Le public présent s'est montré

très attentif et a posé de nombreuses questions, indique Corinne Florentin. Beaucoup étaient surpris d'apprendre que le travail de l'Andra consistait pour une grande part à préparer l'avenir, notamment avec le projet de stockage géologique Cigéo. Ils se sont donc intéressés à ce travail de recherche. » ●

(1) Établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes.

(2) Les deux sites font partie de l'EHPAD Vallée de la Meuse.



Le jardin thérapeutique.

Travaux préparatoires à Cigéo : l'enquête publique, une étape clé pour s'informer et s'exprimer

L'Andra a déposé en mars 2024 une demande d'autorisation pour effectuer des opérations géotechniques, environnementales et archéologiques nécessaires pour le projet Cigéo. Cette démarche prévoit notamment une enquête publique, qui se déroule du 28 février au 31 mars 2025. Revenons sur les grands enjeux de ce rendez-vous citoyen.

Qu'est-ce qu'une enquête publique ?

Quand l'État, une collectivité territoriale, une société publique ou une entreprise privée souhaitent engager un projet pouvant impacter un territoire, une enquête publique doit être organisée. Conduite par des commissaires enquêteurs indépendants, elle permet aux citoyens, aux associations et aux collectivités territoriales de prendre connaissance du projet et de donner leur avis.

Combien de temps dure-t-elle ?

La durée d'une enquête ne peut être inférieure à trente jours lorsque le projet fait l'objet d'une évaluation environnementale, ce qui est le cas pour les travaux envisagés

par l'Andra. Les commissaires enquêteurs peuvent décider de la prolonger pour une durée maximale de quinze jours.

Où a-t-elle lieu ?

Des lieux d'enquête publique (mairie, préfecture, etc.) sont validés par les commissaires enquêteurs, qui assurent des permanences dans certains d'entre eux pour écouter le public, noter les remarques qui sont formulées et répondre aux questions.

Comment se déroule-t-elle ?

En plus des permanences, les commissaires enquêteurs peuvent organiser des réunions d'information et d'échange. Tout citoyen peut consulter le dossier en version papier dans certains lieux d'enquête ou en ligne sur Internet, et déposer

EN SAVOIR PLUS SUR LES TRAVAUX

Ils visent à parfaire la connaissance de l'environnement où sera implanté le stockage et disposer ainsi de compléments d'information pour la conception du projet. Plusieurs centaines de forages sont envisagés pour affiner la connaissance du sol et de la circulation des eaux souterraines, ainsi que des opérations d'archéologie préventive. Sous réserve d'autorisation, les travaux pourraient débuter après l'été 2025.

ses observations, questions ou avis sur des registres également physiques et numériques.

Et après ?

Une fois l'enquête publique finie, les commissaires enquêteurs transmettent à l'Andra un procès-verbal de synthèse des observations écrites et orales afin qu'elle produise un mémoire en réponse. Ils rédigent ensuite un rapport qui reprend le déroulé de l'enquête, compile et analyse les observations et propositions. Les commissaires enquêteurs concluent en donnant un avis, qui peut être réservé, favorable ou défavorable, et qui peut être accompagné de recommandations. Cet avis est rendu public et constitue une aide à la décision pour les autorités compétentes. ●

VOUS SOUHAITEZ DONNER VOTRE AVIS ?

Le public pourra présenter, pendant toute la durée de l'enquête, ses observations et ses propositions sur le projet selon les modalités suivantes :

- par correspondance écrite adressée au président de la commission d'enquête à l'adresse du siège de l'enquête publique :

Mairie de Gondrecourt-le-Château
15, place de l'Hôtel de Ville
55130 Gondrecourt-le-Château

- par correspondance électronique à l'adresse courriel suivante : dr0.cigeo@mail.registre-numerique.fr
- sur les registres d'enquête disponibles dans les mairies des communes accueillant des permanences de la commission d'enquête (détails sur andra.fr)
- sur le registre d'enquête dématérialisé sécurisé accessible directement à l'adresse suivante : www.registre-numerique.fr/dr0-cigeo.



Les observations et propositions devront être déposées et parvenues à destination, quelle qu'en soit la forme, avant le terme de l'enquête, au plus tard le lundi 31 mars 2025 à 17 h 00. Au moment où vous recevez ce journal, il ne reste probablement que quelques jours pour participer, alors n'attendez pas !

L'ENQUÊTE PUBLIQUE EN CHIFFRES :

- 3 commissaires enquêteurs
- 11 lieux de mise à disposition du dossier
- 4 semaines pour s'informer et s'exprimer

Compensation collective de Cigéo : l'appel à projets se poursuit

Depuis 2023, un comité de pilotage du fonds de compensation agricole piloté par l'Andra encourage des projets innovants pour la filière agricole locale. À ce jour, neuf dossiers ont déjà été sélectionnés.

Le projet Cigéo, s'il est autorisé, s'étendra à la frontière de la Meuse et de la Haute-Marne sur 665 hectares, dont une grande part de terres agricoles. « Les aménagements pour Cigéo affecteront la filière agricole, indique Emmanuel Hance, ingénieur à l'Andra. L'Agence doit donc évaluer et compenser les impacts selon le principe "éviter-réduire-compenser (ERC)". »

Une étude agricole préalable a été menée en 2021 pour analyser ces impacts. Elle a conduit à retenir une solution de compensation visant à soutenir des projets agricoles innovants pour renforcer l'économie locale.

Un soutien à la filière agricole

C'est dans ce contexte que 4,4 millions d'euros ont été consignés à la Caisse des



L'un des premiers projets retenus : un équipement mobile de traitement sanitaire des ovins.

Dépôts via la Banque des Territoires, partenaire de l'Andra, afin de soutenir des projets novateurs et collectifs pour la filière agricole.

« L'Andra est responsable de ce fonds de compensation collective agricole, mais elle n'est pas seule, explique Emmanuel Hance. Elle s'appuie sur un comité de pilotage dont la mission est de veiller à la bonne utilisation du fonds et de lancer des appels à projets. Il réunit acteurs institutionnels, représentants de la filière et associations environnementales, soit 21 membres au total. »

En septembre 2024, le comité de pilotage a ainsi examiné les dossiers reçus lors de la troisième session d'appel à

candidatures et a sélectionné six d'entre eux. Parmi ces dossiers, on trouve par exemple l'acquisition de matériel permettant de valoriser le substrat de production de champignons, l'achat d'une plateforme de compostage ou encore des dispositifs de lutte contre les prédateurs des abeilles.

Un nouvel appel à projets en cours

La majorité du fonds de compensation est encore disponible. C'est pourquoi le comité de pilotage a renouvelé son appel à projets jusqu'au 30 avril 2025. Il se réunira dans les prochains mois pour examiner les candidatures. ●



Paysage agricole de Meuse/Haute-Marne.

INFOS PRATIQUES

Pour participer à la quatrième session d'appel à projets, plusieurs conditions doivent être réunies : les projets doivent s'inscrire dans le périmètre géographique précisé par le règlement, ne pas entrer en concurrence avec d'autres activités existantes, ou encore être source d'emplois et de retombées économiques pour le territoire. Intéressés ?

Contactez-nous : compensation-agricole@meuse.chambagri.fr ou compensation-agricole@andra.fr



Dossier de candidature : <https://lc.cx/laGZVP>



Le règlement : <https://lc.cx/MIErdd>





Déchets radioactifs : construire une gestion responsable partout dans le monde

Tous les pays qui utilisent les technologies nucléaires, que ce soit pour la production d'électricité, la défense, la recherche, le secteur médical ou encore l'industrie, sont confrontés à une même responsabilité : gérer les déchets radioactifs issus de ces activités. Si chaque nation ajuste son plan de gestion des déchets radioactifs à sa situation particulière (volume et nature des déchets produits, politique énergétique, ressources, géographie, géologie, environnement, etc.), toutes les options de gestion à travers le monde convergent vers des stockages géologiques.

Tour d'horizon des situations et des solutions.

Gestion responsable des déchets radioactifs : une mobilisation collective

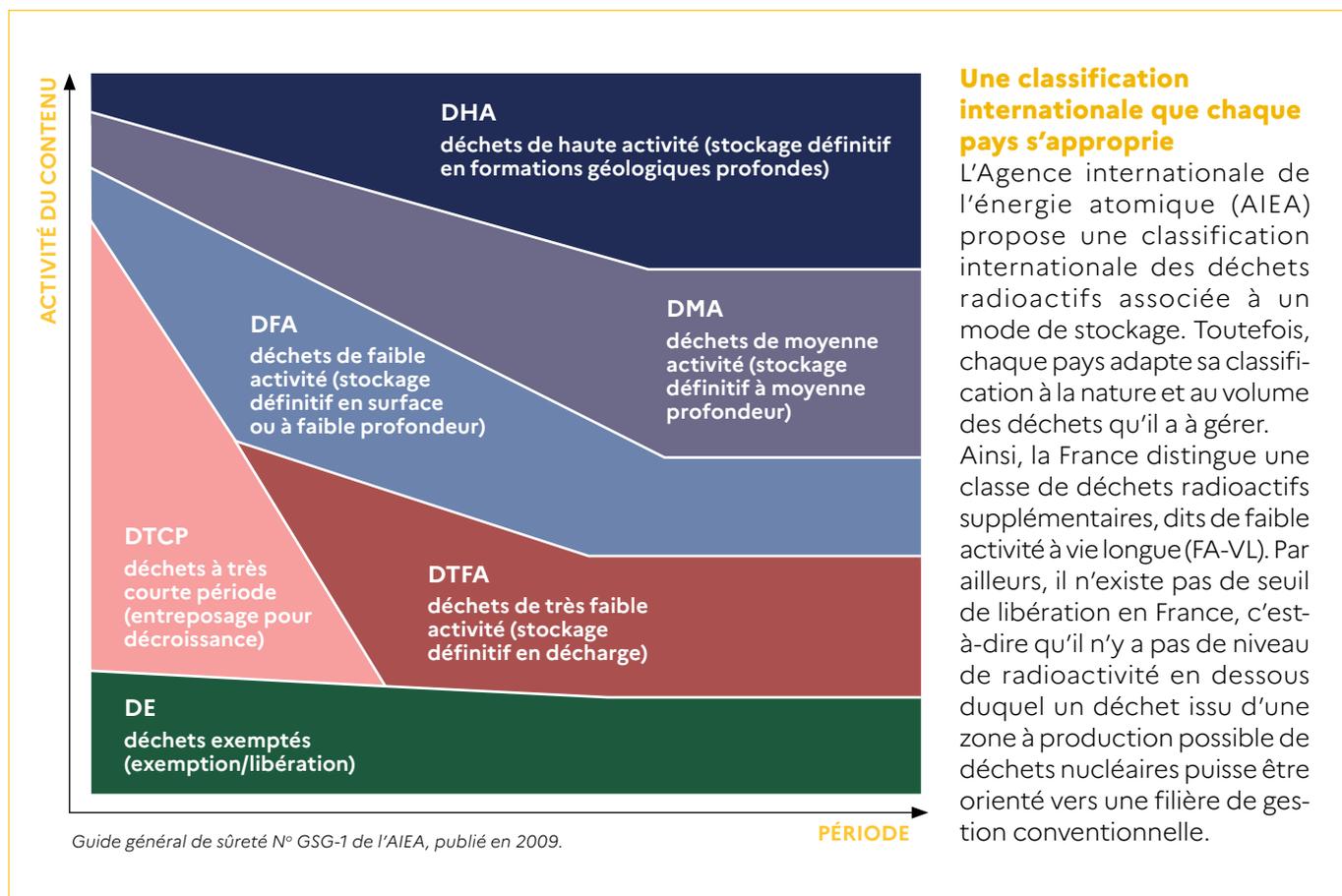
C'est autour d'une responsabilité commune de protéger les êtres humains et l'environnement que les pays avancent sur des solutions de gestion sûres et adaptées pour leurs déchets radioactifs. Tous ne sont pas au même stade, mais la collaboration internationale favorise le partage d'expériences et la montée en compétences.

Un parc nucléaire plus ou moins important (plus de 90 réacteurs en fonctionnement aux États-Unis; un seul aux Pays-Bas), des environnements géologiques variés (argile, granite, sel, etc.), l'existence ou non d'une filière de retraitement des combustibles nucléaires usés⁽¹⁾ : voilà quelques-uns des critères qui contribuent à orienter les États dans leur mode de gestion des déchets radioactifs. Pour les déchets de très faible activité à moyenne activité, les solutions sont variées et dépendent notamment du volume à prendre en charge. Pour les déchets les plus

radioactifs, tous les pays convergent vers la même solution de référence : le stockage en couche géologique profonde, à l'instar de la France avec le projet Cigéo. Le modèle français de gestion des déchets radioactifs est considéré comme une référence dans le monde. Il s'est mis en place progressivement dans la continuité du développement d'un parc nucléaire conséquent, dès les années 1960 et 1970. Il fait aujourd'hui figure d'exemple de par son organisation, avec une agence publique de gestion des déchets radioactifs,

l'Andra, une activité encadrée par des organismes de contrôles et d'évaluation, ainsi que des instances de consultation du public. Le modèle français se distingue aussi en raison de l'excellence industrielle et de l'expérience acquises depuis plus de cinquante ans par l'Andra, que ce soit sur ses centres de stockage dans l'Aube et dans la Manche, ou dans son Laboratoire de recherche souterrain de Meuse/Haute-Marne.

(1) Le retraitement permet de séparer les matières valorisables des déchets. Dans le cas contraire, le combustible usé est considéré comme un déchet hautement radioactif et pris en charge comme tel.

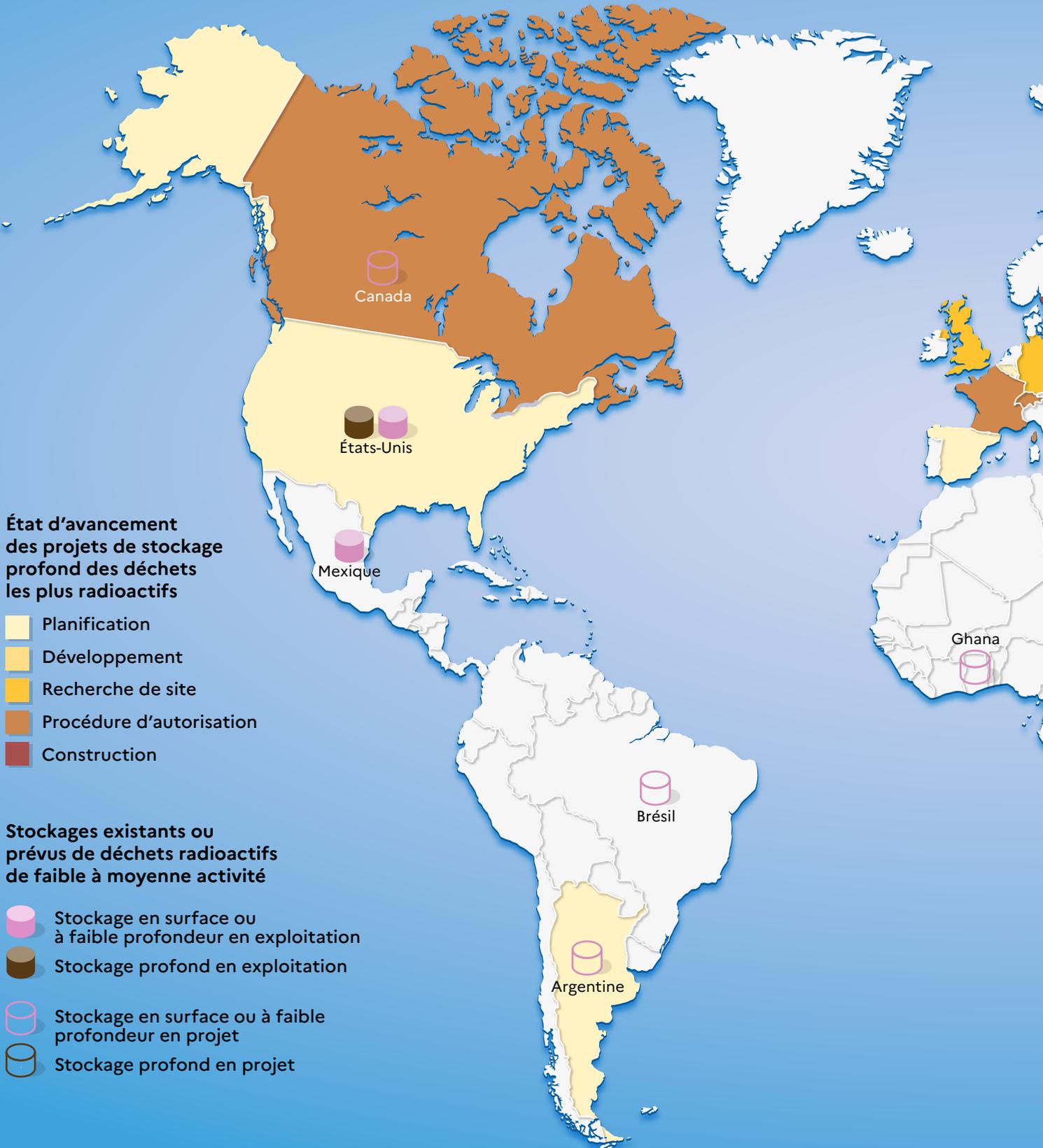


Une classification internationale que chaque pays s'approprie

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) propose une classification internationale des déchets radioactifs associée à un mode de stockage. Toutefois, chaque pays adapte sa classification à la nature et au volume des déchets qu'il a à gérer. Ainsi, la France distingue une classe de déchets radioactifs supplémentaires, dits de faible activité à vie longue (FA-VL). Par ailleurs, il n'existe pas de seuil de libération en France, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de niveau de radioactivité en dessous duquel un déchet issu d'une zone à production possible de déchets nucléaires puisse être orienté vers une filière de gestion conventionnelle.

Panorama de la gestion des déchets radioactifs dans le monde

Les solutions de stockage dédiées aux déchets radioactifs de faible à moyenne activité varient selon les pays. En ce qui concerne les déchets les plus radioactifs, de nombreux pays se sont engagés dans la voie du stockage géologique profond. Leurs projets sont à différents états d'avancement.





Les acteurs de la coopération internationale

Pour la gestion de leurs déchets radioactifs, la plupart des États se sont dotés d'agences ou d'opérateurs publics. En complément, plusieurs instances européennes ou internationales s'attachent à élaborer des standards généraux, à favoriser la collaboration et à diffuser les bonnes pratiques.



Euratom : un traité européen

Signé en 1957, le traité Euratom établit les normes destinées à protéger la population et les travailleurs dans le cadre du développement de l'énergie nucléaire en Europe. Il est complété par des directives⁽¹⁾, dont celle de 2011, qui instaure notamment l'obligation de mettre en place des programmes nationaux de gestion des déchets radioactifs et du combustible usé. Avec l'instauration de son PNGMDR⁽²⁾ en 2006, la France était déjà précurseur en la matière.

(1) Que les États membres ont l'obligation de traduire dans leur droit national.
(2) Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs.

AEN : la coopération internationale

Créée en 1958 au sein de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) regroupe 34 pays parmi les plus nucléarisés. En 1975, l'AEN s'est dotée d'un comité dédié à la gestion des déchets radioactifs⁽¹⁾. L'Andra participe aux travaux de ce comité.

(1) https://lc.cx/_SPd3z



« L'AIEA veille à l'application des standards de sécurité et de sûreté les plus stricts au monde. Et la France est pour nous un vrai partenaire dans ce domaine. Nos départements dédiés à la sécurité et à la sûreté nucléaires travaillent de manière presque quotidienne avec l'Andra, et ce d'une manière très satisfaisante. »

Rafael Mariano Grossi,
directeur général de l'AIEA



AIEA : l'agence de l'ONU

L'Agence internationale de l'énergie atomique est une agence de l'Organisation des Nations unies fondée en 1957. Elle réunit 178 États et constitue la principale organisation intergouvernementale de coopération scientifique et technique dans le domaine de l'utilisation pacifique de la technologie nucléaire. Une division est consacrée au cycle du combustible nucléaire et à la gestion des déchets radioactifs⁽¹⁾. L'AIEA supervise également la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs. À ce jour, 88 États, dont la France, l'ont ratifiée. Cet instrument juridique international se traduit par un processus d'examen par des pairs, organisé tous les trois ans.

(1) <https://lc.cx/bdtGZh>

EDRAM : l'association dédiée à la gestion des déchets radioactifs

L'*International Association for Environmentally Safe Disposal of Radioactive Materials* (EDRAM) est une association fondée en 1998 par les organismes de gestion de déchets radioactifs d'une douzaine de pays, dont la France. Elle a pour objectif de favoriser l'échange d'informations et le partage d'expériences entre ces organismes.

État des lieux de la gestion des déchets les plus radioactifs dans le monde

Partout dans le monde, le stockage profond s'impose comme la solution de référence pour le stockage des déchets les plus radioactifs, avec des états d'avancement différents. Zoom sur quelques projets.

SUÈDE

• **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : 6 réacteurs en service dans 3 centrales. 6 sont arrêtés. Publiée en novembre 2023, la feuille de route pour le nouveau nucléaire envisage la construction de nouveaux réacteurs.

• **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS** : *Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB)*

En octobre 2024, le Tribunal foncier et environnemental suédois a donné son autorisation au projet de stockage profond de

ses déchets radioactifs les plus dangereux. Avec cette autorisation, les travaux de construction en surface vont pouvoir démarrer sur le site de Forsmark, situé au nord de Stockholm. La construction de l'installation souterraine reste soumise à l'autorisation de l'Autorité de sûreté suédoise, dont la décision est attendue dans plusieurs mois. La mise en service est envisagée à l'horizon 2035.

Implanté à 500 mètres de profondeur, dans une roche granitique,

le site de stockage de Forsmark pourra accueillir 12 000 tonnes de combustible nucléaire usé du parc nucléaire actuel, la Suède ne disposant pas de filière de retraitement. Les déchets seront conditionnés dans des conteneurs en cuivre avant d'être placés en profondeur dans des alvéoles de stockage qui, une fois remplies, seront comblées avec de la bentonite, une variété d'argile gonflante.

Pour étudier le stockage géologique, la Suède dispose depuis les années 1991 d'un laboratoire de recherche souterrain (Äspö), sur la côte sud-est du pays.

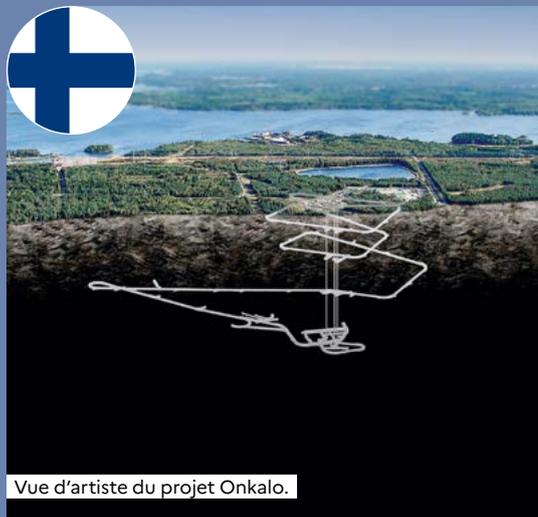


Laboratoire souterrain d'Äspö.

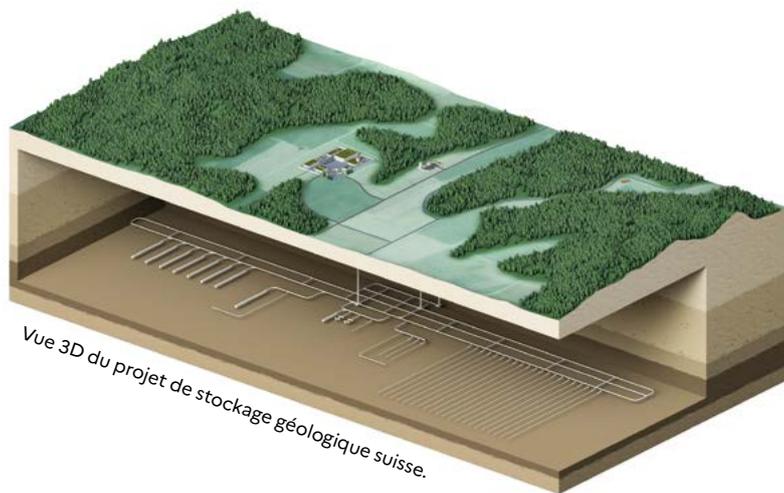
FINLANDE : LES PIONNIERS

La Finlande est le premier pays au monde à avoir mis en œuvre un stockage géologique pour ses déchets les plus radioactifs. Localisée sur l'île d'Olkiluoto (sud-ouest du pays) qui abrite déjà trois réacteurs nucléaires, l'installation nommée Onkalo, située à 430 mètres de profondeur, dans le granite, est entrée en phase d'essais. Elle pourra accueillir 6 500 tonnes de combustible nucléaire usé. Leur conditionnement et leur stockage sont identiques à ceux de leur voisin suédois.

En août 2024, Posiva, l'entreprise en charge du projet, a démarré avec succès sa phase d'essais de stockage avec quatre colis tests, sans radioactivité. L'Autorité de sûreté nucléaire finlandaise (STUK) s'est donnée jusqu'au 31 décembre 2025 pour se prononcer sur l'autorisation de mise en service de ce qui pourrait être le premier stockage géologique de déchets radioactifs de haute activité en service dans le monde.



Vue d'artiste du projet Onkalo.



Vue 3D du projet de stockage géologique suisse.

SUISSE

• **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : 4 réacteurs nucléaires en service. Le réacteur de la centrale de Mühleberg est définitivement arrêté en 2019.

• **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS** : la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (NAGRA)



Dès les années 1980, la Suisse a fait le choix de stocker tous ses déchets radioactifs, soit environ 83 000 m³ de déchets radioactifs (faible, moyenne et haute activité), en couche géologique profonde. En novembre 2024, la NAGRA a déposé une demande d'autorisation générale pour la réalisation d'un stockage profond dans la région du nord des Lägern (au nord de la Suisse). L'installation est prévue à environ 800 mètres de profondeur dans une couche d'argile. Après avis des autorités compétentes, le gouvernement rendra sa décision en 2029, suivi par le Parlement en

2030. La population pourrait s'exprimer à son tour lors d'un référendum en 2031.

S'il est autorisé, le projet pourrait accueillir, dès 2050, une première zone de stockage pour les déchets radioactifs de faible et moyenne activité. La construction de la zone de stockage pour les déchets de haute activité débuterait ensuite à partir de 2055, et le stockage de ces déchets cinq ans plus tard.

La Suisse a étudié le stockage géologique en couche argileuse dans son laboratoire de recherche souterrain du Mont-Terri (nord-ouest du pays).



WIPP : UN STOCKAGE GÉOLOGIQUE EN ACTIVITÉ

Depuis 1999, à environ 700 mètres de profondeur, dans une formation géologique saline du Nouveau-Mexique, le WIPP (*Waste Isolation Pilot Plan*) abrite les déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue issus du programme militaire des États-Unis.

En 2014, deux événements, un incendie et une réaction exothermique à l'intérieur d'un colis de déchets, ont successivement et à un intervalle de temps court affecté les installations et entraîné un arrêt de l'exploitation jusqu'en janvier 2017, date à laquelle l'exploitation a pu reprendre après la mise en œuvre de mesures correctives et leur approbation par les autorités. Les enseignements de ces événements ont été intégrés dans les études de conception du projet Cigéo.

Quant à la gestion des déchets de haute activité et du combustible usé, un rapport de 2012 de la commission d'experts indépendants *Blue Ribbon*, missionnée par le gouvernement américain, présentait les conclusions suivantes : la création d'une installation d'entreposage centralisée pour accueillir temporairement ces déchets (en cours de développement aujourd'hui) ; l'importance du stockage géologique, qui reste, selon la commission, la meilleure solution pour gérer ces déchets à long terme.



Galerie du WIPP.

CANADA

- **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : 19 réacteurs sont en service, répartis dans 4 centrales. 6 réacteurs sont arrêtés.
- **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS** : Société de gestion des déchets nucléaires canadienne (SGDN)

Depuis 2007, la SGDN travaille sur un projet de stockage profond de ses déchets les plus radioactifs. En novembre 2024, elle a retenu une formation rocheuse cristalline située au nord-ouest de l'Ontario pour y implanter l'installation. Les résidents de la commune d'Ignace et les populations autochtones de Wabigoon Lake ont confirmé qu'ils consentaient à passer à l'étape suivante en vue d'accueillir le projet. L'installation est prévue à plus de 500 mètres de profondeur

et stockera les combustibles nucléaires usés du pays (le Canada ne retraite pas son combustible). Ils seront au préalable conditionnés dans des conteneurs en acier. Sous réserve des autorisations de la Commission canadienne de sûreté nucléaire et de l'Agence d'évaluation d'impact du Canada, la SGDN envisage la construction du stockage vers 2033 puis le début de l'exploitation au début des années 2040.



Maquette du projet de stockage géologique canadien.

ROYAUME-UNI

- **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : 9 réacteurs sont en service, répartis sur 5 centrales. 36 réacteurs sont arrêtés et 2 réacteurs EPR sont en cours de construction.
- **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS** : Nuclear Waste Services (NWS)

C'est au Royaume-Uni que la première centrale nucléaire de production d'électricité au monde a vu le jour en 1956, à Sellafield, au nord-ouest de l'Angleterre. Après plusieurs années de réflexion, le gouvernement s'est arrêté sur le choix du stockage profond, en 2006,

pour la gestion à long terme des déchets les plus radioactifs. Il décide de lancer, en 2018, une nouvelle politique de recherche de site. Quatre communautés locales se sont engagées dans ce processus de sélection en formant des partenariats locaux (*community*

partnerships) : trois dans le comté de Cumbria, au nord-ouest de l'Angleterre (Mid Copeland, South Copeland et Allerdale), et un à l'est, dans le comté de Lincolnshire (Theddlethorpe). Ces *community partnerships* permettent à NWS d'entamer des discussions locales et une enquête sur l'implantation d'un stockage géologique sur les lieux. En septembre 2023, l'organisme britannique a décidé de ne pas poursuivre avec la communauté d'Allerdale pour des questions de sûreté du potentiel stockage. D'ici à 2026, NWS devrait choisir deux communautés avec lesquelles poursuivre ses recherches de site. Le processus de sélection pourrait s'étendre sur quinze à vingt ans, pour une mise en service, après une dizaine d'années de travaux, à l'horizon 2050.



Visite d'une délégation de NWS au Laboratoire souterrain de l'Andra.

Déchets de très faible à moyenne activité : des dispositifs variés répondant aux mêmes enjeux de sûreté

État des lieux de la gestion des déchets de très faible à moyenne activité par pays, en fonction de leur situation nucléaire et de l'état d'avancement des solutions mises en œuvre.

CORÉE DU SUD

• **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : En 2024, le pays compte 26 réacteurs en service répartis sur 4 centrales. 2 réacteurs ont été arrêtés et 4 sont en projet.

• **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS** : Korea Radioactive Waste Agency (KORAD)

Depuis 2015, les déchets de faible et moyenne activité (FMA) sont pris en charge dans le centre de stockage *Wolseong Low and Intermediate Level Radioactive Waste Disposal Centre* (WLDC), situé à Gyeongju, dans le sud-est du pays. Une première zone de stockage a été construite à une profondeur de 150 à 200 mètres. Elle comprend six silos creusés dans la roche. Les colis de déchets sont placés



Construction de la 2^e tranche en surface de l'installation de stockage coréenne.

dans des conteneurs de stockage empilés les uns sur les autres à l'intérieur de ces silos. Depuis 2024, une deuxième tranche en surface pour les déchets FMA est en cours de construction, sur le modèle du

centre de stockage de l'Andra dans l'Aube. Le chantier devrait se terminer fin 2025. Une troisième tranche, toujours en surface, destinée aux déchets de très faible activité, est en cours de conception.

BELGIQUE

• **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : 5 réacteurs nucléaires en service répartis sur 2 centrales, Doel et Tihange. 2 réacteurs arrêtés. La loi de sortie du nucléaire votée en 2003 prévoit l'arrêt de tous les réacteurs d'ici à fin 2025, sauf 2 prolongés de 10 ans.

• **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS** : Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (Ondraf)



Vue 3D de la future installation de stockage en surface belge.

En 2023, un arrêt royal a autorisé la création d'un stockage en surface à Dessel, dans la province d'Anvers, pour les déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie courte (catégorie A en Belgique). L'installation est conçue pour un volume d'environ 70 500 m³ de déchets.

Les déchets seront stockés dans des ouvrages en béton armé. Leur construction, commencée en 2024, se déroule en deux phases, correspondant à deux zones de stockage. Un centre de visiteurs et de rencontres interactif, Tabloo, est déjà ouvert sur le site. Il propose une exposition interactive, ouverte à tous, sur le thème de la radioactivité.

ESPAGNE

• **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : 7 réacteurs en service répartis dans 5 centrales, dont les fermetures sont programmées entre 2027 et 2035.

• **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS** : *Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (ENRESA)*

Ouvert en 1992, comme le Centre de stockage de l'Andra dans l'Aube, le centre de stockage en surface espagnol d'El Cabril, en Andalousie, accueille les déchets radioactifs de faible et moyenne activité (FMA) provenant des installations nucléaires du pays, mais également issus d'autres activités, industrielles, médicales ou de recherche. Début 2024, 36 148 m³ de déchets étaient stockés, soit un taux d'occupation d'environ 83%. Avec le démantèlement à venir des

installations nucléaires, un espace de stockage supplémentaire sera nécessaire vers fin 2028. S'ils sont autorisés, les travaux d'agrandissement permettraient de doubler la capacité de stockage des déchets FMA sur le site.

Depuis 2008, El Cabril dispose également d'une zone supplémentaire pour la prise en charge des déchets de très faible activité (TFA) et est équipée d'installations de traitement des déchets afin d'en réduire le volume.



Stockage en surface de déchets radioactifs en Espagne.

ALLEMAGNE

• **PARC ÉLECTRONUCLÉAIRE** : en 2023, l'Allemagne a mis à l'arrêt les 3 derniers réacteurs de son parc qui en comptait 17 au début des années 2010.

• **ORGANISME DE GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS** : *Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)*



Ancienne mine de fer allemande de Konrad.

Historiquement, les déchets de faible et moyenne activité (FMA) allemands ont été stockés dans des installations souterraines et sont aujourd'hui entreposés provisoirement sur ou à proximité des centrales nucléaires.

De 1967 à 1978, environ 47 000 m³ de déchets de faible et moyenne activité (FMA) ont été stockés à plus de 700 mètres de profondeur dans des galeries de l'ancienne mine de sel d'Asse (Basse-Saxe). Deux tiers de ces déchets étaient issus de la filière électronucléaire, le reste provenant d'activités industrielles, de recherche et de santé. L'instabilité de la mine et des problèmes d'étanchéité ont contraint les autorités à

stopper son exploitation, la sûreté n'étant pas suffisamment garantie. Une loi a été ensuite adoptée pour que les déchets soient récupérés et l'installation démantelée. Par ailleurs, de 1971 à 1998, 37 000 m³ de déchets FMA ont été stockés dans l'ancienne mine de sel de Morsleben (Saxe-Anhalt), à 480 mètres de profondeur. Ce stockage est entré en phase de fermeture.

Au regard des déchets FMA encore à stocker définitivement, le gouvernement a choisi, en 2019, le site de l'ancienne mine de fer de Konrad en Basse-Saxe pour les stocker. L'installation d'une capacité de 303 000 m³ devrait être opérationnelle en 2030.

Quand l'Andra partage son expertise à l'international

L'Andra s'implique au sein des instances internationales dans le cadre de missions d'expertise et de programmes de coopération avec ses homologues étrangers. Elle participe également aux grands événements internationaux du secteur et reçoit régulièrement des délégations étrangères dans ses installations. Entretien avec Fabien Hubert, chef du service Relations internationales.



Pourriez-vous citer un exemple de partenariat emblématique ?

En décembre dernier, nous avons renouvelé pour cinq ans notre accord de coopération avec la *Nuclear Decommissioning Authority* (NDA) britannique, au sein de laquelle la filiale *Nuclear Waste Services* (NWS) se charge de la gestion des déchets radioactifs. Cet accord de coopération est d'une grande richesse. Il donne un cadre formel à une relation ancienne, construite par de nombreux échanges entre scientifiques et ingénieurs de part et d'autre de la Manche.

Aujourd'hui, nous échangeons sur un champ très large de thématiques : stockage en surface, stockage géologique, recherche et développement, mais aussi information du public, caractérisation de site et gestion des compétences.

Le secret d'un accord de coopération réussi est d'être mutuellement bénéfique.

L'Andra mène aussi des missions d'accompagnement à l'étranger, y en a-t-il une sur laquelle vous aimeriez revenir ?

Je pense au projet européen auquel l'Andra participe, et qui vise à accompagner l'Irak dans la gestion de ses déchets radioactifs et de ses sites pollués par la radioactivité. La phase actuelle du projet, sous l'égide de l'Union européenne, court jusqu'en 2025. Elle se concentre sur le renforcement des compétences des agents de l'Autorité de sûreté irakienne, le *Radiation Protection Centre* (RPC).

EURAD : UN PARTENARIAT EUROPÉEN POUR LA RECHERCHE

Approfondir la coopération européenne en matière de recherche sur la gestion des déchets radioactifs : tel est l'objectif du partenariat EURAD (*European Partnership on Radioactive Waste Management*). Lancé en 2019 sous la coordination de l'Andra pour une durée de cinq ans, il a réuni des organismes gestionnaires de déchets, des organismes techniques de sûreté et des centres de recherche au sein de groupes de travail thématiques.

La deuxième édition, EURAD 2, a été lancée le 23 octobre 2024 pour cinq ans. L'Andra continue d'assurer la coordination de cette communauté scientifique, qui ne cesse de s'étendre. EURAD 2 réunit aujourd'hui un consortium de 143 organisations issues de 21 États membres de l'Union européenne et six partenaires internationaux. La reconduction de ce partenariat va permettre de poursuivre les avancées déjà réalisées sur des sujets tels que la gestion à long terme des stockages ou l'entreposage provisoire des déchets, et d'évoquer de nouveaux sujets : déchets issus des petits réacteurs modulaires (SMR), impacts du changement climatique sur la gestion de déchets radioactifs, matériaux innovants pour les conteneurs de stockage de déchets de haute activité, etc.

Chiffres clés 2024



37 visites de délégations étrangères accueillies sur les sites de l'Andra

7 accords de coopération bilatéraux en cours avec des organismes de gestion de déchets radioactifs



BELGIQUE, CANADA, ESPAGNE, ITALIE, JAPON, SUISSE, ROYAUME-UNI

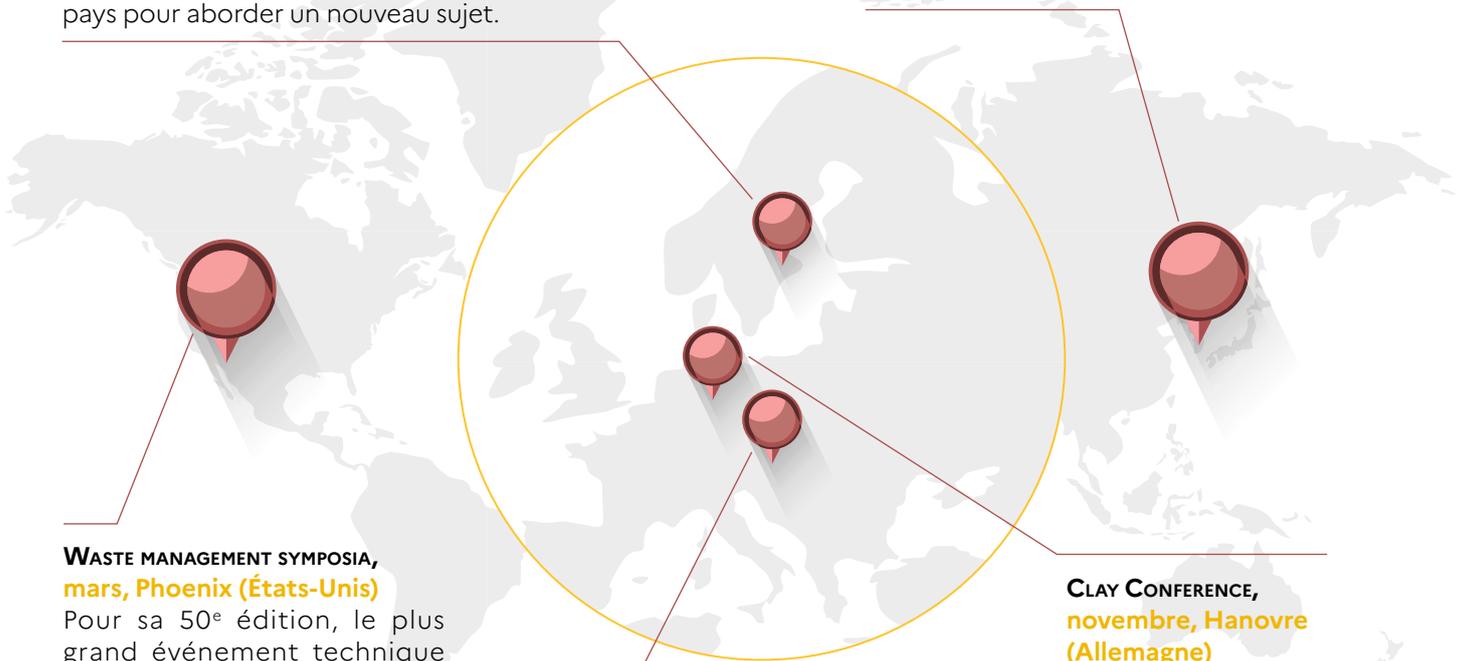
Les grands rendez-vous du secteur où l'Andra était présente en 2024

FORUM ON STAKEHOLDER CONFIDENCE (FSC), septembre, Solna & Östhammar (Suède)

Organisé depuis 2000 par l'AEN, ce forum réunit les acteurs de la gestion des déchets radioactifs pour échanger sur les meilleures pratiques autour de l'implication des parties prenantes. Chaque année, le forum se déplace de pays en pays pour aborder un nouveau sujet.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOLOGICAL REPOSITORIES, mai, Busan (Corée du Sud)

Portée par l'AEN, elle réunit tous les quatre ans les pays qui développent ou souhaitent développer un projet de stockage géologique de déchets radioactifs. Pour sa 7^e édition, la conférence organisée en Corée du Sud avait pour thème « favoriser le progrès dans le développement des stockages géologiques ».



WASTE MANAGEMENT SYMPOSIA, mars, Phoenix (États-Unis)

Pour sa 50^e édition, le plus grand événement technique annuel international consacré à la gestion des déchets radioactifs a réuni en Arizona plus de 2800 participants provenant de 29 pays. Pas moins de 600 articles, posters et présentations ont été partagés, dont plusieurs de l'Andra.

CONFÉRENCE GÉNÉRALE DE L'AIEA, septembre, Vienne (Autriche)

Chaque année, l'AIEA réunit ses États membres pour fixer ses orientations budgétaires et stratégiques. En marge de la réunion plénière, la gestion des déchets radioactifs fait partie des sujets abordés lors d'événements parallèles et sur les stands nationaux associés à l'événement.

CLAY CONFERENCE, novembre, Hanovre (Allemagne)

Lancé par l'Andra, cet événement réunit des experts internationaux autour des propriétés de l'argile et de ses utilisations pour le stockage des déchets radioactifs. Après Nancy en 2022, c'est à Hanovre que s'est déroulée la 9^e édition.



1 accord multipartite sur le sujet de la couverture du Centre de stockage de la Manche

ESPAGNE, ROYAUME-UNI, BELGIQUE



Participation à **10** événements internationaux (conférences, salons, etc.)



61 contributions de l'Andra (rencontres, publications, etc.) auprès de l'AIEA et de l'AEN

Paul-Olivier Redon, la « clé de sol » de l'Andra en Meuse/ Haute-Marne

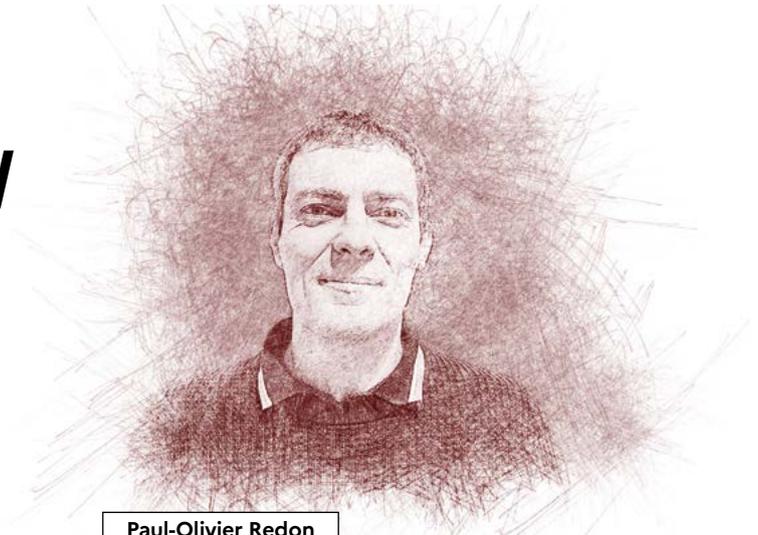
Paul-Olivier Redon est, depuis plus de dix ans, l'homme clé des études et expérimentations menées par l'Observatoire pérenne de l'environnement (OPE)⁽¹⁾ de l'Andra sur l'évolution des sols aux abords de son centre en Meuse/Haute-Marne. Les connaissances produites par ses travaux permettront de renforcer la maîtrise des impacts de Cigéo sur l'environnement.

Ingénieur écologue de formation, Paul-Olivier Redon s'est spécialisé dans l'étude des sols et des écosystèmes en Master, avant de consacrer ses travaux de recherches doctorales à la microbiologie du sol. C'est en 2010 que la trajectoire professionnelle du jeune docteur a croisé celle de l'Andra : l'Agence a en effet financé ses recherches postdoctorales sur le cycle biogéochimique du chlore.

Trois ans plus tard, il a rejoint l'Observatoire pérenne de l'environnement situé à Bure, convaincu par la qualité du projet scientifique et sa finalité. « Travailler à l'OPE, explique-t-il, me donnait les moyens de mener des recherches appliquées dans le domaine de l'environnement et sur le temps long, ce qui n'était pas possible dans le monde académique. Avec, en plus, la fierté de contribuer à un projet d'intérêt national comme Cigéo. »

Des expérimentations sur mesure

Paul-Olivier Redon conçoit et met en œuvre des études et des expérimentations scientifiques pour comprendre l'évolution des sols du territoire d'implantation de Cigéo. L'une de ces expérimentations permet, par exemple, l'observation du changement au long cours de l'écosystème forestier par l'instrumentation d'une futaie de hêtres de la forêt domaniale de Montiers-sur-Saulx (Meuse). Dès son arrivée à l'Andra, son expertise a également été mobilisée sur le programme d'étude de l'impact environnemental des « verses », c'est-à-dire des déblais excavés lors du creusement des galeries et des alvéoles



Paul-Olivier Redon

du Laboratoire souterrain de l'Andra et entreposés en surface. Depuis sa nomination en 2022 au poste d'adjoint au chef de service Environnement de l'Andra, il pilote l'ensemble des actions scientifiques menées sur ce sujet. L'une d'elles, conçue et mise en œuvre par ses soins, permet d'étudier les propriétés géochimiques et hydrauliques à l'intérieur et à la surface des verses.

“
**J'ai la chance de travailler
dans la durée sur des
sujets environnementaux
qui me passionnent.**”

Cultiver l'esprit d'ouverture

À 43 ans, Paul-Olivier Redon bénéficie aujourd'hui d'une liberté et d'une autonomie appréciables pour mener ses recherches sur des sujets variés et avec des partenaires de différents horizons. Il est en effet responsable des contrats de recherche qu'il noue avec les scientifiques venus du monde académique (université de Lorraine, Inrae de Nancy, etc.) et constitue donc ses propres équipes en fonction des projets.

Enfin, Paul-Olivier Redon a également dû acquérir des compétences managériales. « Cela m'apprend à mieux communiquer, notamment sur mes résultats et avec un nombre croissant d'interlocuteurs. »

(1) L'OPE est un outil d'observation, d'expérimentation et de conservation de l'environnement, étudiant sur le temps long les évolutions du territoire d'implantation du projet Cigéo.



Retrouvez le témoignage de Paul-Olivier en vidéo :

<https://lc.cx/dnOqul>



Découvrez la carte des sols de l'OPE :

<https://lc.cx/RID4b4>



En savoir plus sur l'instrumentation de la forêt de Montiers-sur-Saulx :

https://lc.cx/IXVp_e



Une vision globale et prospective afin d'agir aujourd'hui pour les générations futures

Entretien avec Jean-Paul Bouttes

Pour l'ingénieur et économiste Jean-Paul Bouttes⁽¹⁾, les débats menés en France sur la gestion des déchets radioactifs questionnent la façon dont nous sommes préparés à faire face à d'autres défis complexes, comme l'évolution du climat ou la biodiversité.



Réfléchir au devenir des déchets les plus radioactifs nous projette dans un futur à très long terme. Mais peut-on décider aujourd'hui pour les générations qui nous succéderont ?

Pour décider en tenant compte des impacts pour les générations futures, nous avons besoin d'une vision prospective des futurs possibles qui permette d'évaluer les conséquences économiques, sanitaires et environnementales de nos choix actuels. Or, les analyses de ce type allant au-delà des cent cinquante prochaines années sont rares. Par ailleurs, plus les scénarios défavorables auront des probabilités fortes, plus il faudra investir pour protéger les générations futures qui seront dans des situations plus difficiles, avec moins de moyens pour réagir. Il nous faut donc une grille d'analyse des risques pour prioriser les actions les plus efficaces.

Quelle place pour les déchets radioactifs dans cette grille d'analyse ?

Ils ne sont qu'un des risques liés à nos activités. Il y en a d'autres préoccupants, comme l'évolution du climat, une perte massive de la biodiversité, un conflit géopolitique qui déboucherait sur une guerre nucléaire totale... Ce sont là des risques majeurs, globaux et irréversibles. Par contraste, il y a des risques certes importants, mais locaux et potentiellement réversibles si les capacités techniques, scientifiques et économiques sont disponibles. Les déchets radioactifs en font partie, ainsi que certains déchets chimiques toxiques comme les métaux lourds.

Quels acteurs doivent contribuer à la prise de décision ?

Les citoyens et les politiques, bien sûr, mais aussi toutes les parties prenantes des générations présentes : par exemple, celles qui vont accueillir le projet de stockage de déchets Cigéo, celles qui ont un avis sur la question... Le défi est double. D'une part, faire collaborer des expertises transverses – scientifique, technique, industrielle, sanitaire, prospective, éthique – pour évaluer les impacts des risques et trouver des solutions. D'autre part, structurer les débats portant sur les choix de société. C'est ce qui s'est passé pour les déchets radioactifs. La loi Bataille

“

Les déchets radioactifs ont été un domaine pionnier de l'examen des risques affectant potentiellement les générations futures. »

de 1991⁽²⁾ a mis en place des institutions qui ont fait travailler des expertises transverses et lancé des débats publics pour impliquer les citoyens. Mais il faut qu'on essaie encore de progresser pour les autres défis globaux que j'évoquais précédemment, notamment le climat et la biodiversité. ●

(1) Ancien directeur de la stratégie et de la prospective et chef économiste d'EDF, ancien professeur chargé de cours en sciences économiques à l'École polytechnique.
(2) Loi fixant les grandes orientations de recherche à mener sur la gestion des déchets les plus radioactifs.

POUR APPROFONDIR

- *Les déchets nucléaires, une approche globale.* Jean-Paul Bouttes – Fondapol
- *Énergie.* Jean-Paul Bouttes (en collaboration avec Dominique Bourg) – PUF
- *L'énergie, histoire et enjeux [Livre audio].* Jean-Paul Bouttes et Dominique Bourg – Frémeaux & associés



Voir la vidéo : <https://lc.cx/oQIWgT>



Mission accomplie ! Une maison décontaminée à Ribérac

Après la découverte de radium dans une maison à Ribérac (Dordogne), l'Andra a supervisé les opérations d'assainissement et de collecte d'objets radioactifs. Une mission de service public qui permet au propriétaire de retrouver l'usage de son bien en toute sécurité.

À l'automne 2024, une paisible maison de Ribérac a été le théâtre d'une activité insolite : la décontamination radioactive en plusieurs points d'un atelier situé au rez-de-jardin. Pendant trois semaines, elle s'est trouvée interdite d'accès, excepté aux techniciens de la société spécialisée Nuvia Prévention et à ceux de l'Andra, qui supervisaient les travaux. Pour prévenir les risques, tous étaient équipés de masques respiratoires et de combinaisons étanches. Dans une pièce, des bâches délimitaient un espace confiné où les objets suspects étaient triés et vérifiés radiologiquement. Une fiole remplie de radium, un réveil et un manchon de lampe au thorium ont ainsi été isolés et conditionnés dans des sacs étanches, avant d'être pris



Atelier de la maison ayant été contaminé.

en charge par l'Andra. Quant aux surfaces de sol contaminées, elles ont été méticuleusement aspirées, nettoyées, voire écrouûtées⁽¹⁾ en surface. Le chantier ne s'est terminé que lorsque les appareils de

détection de la radioactivité n'ont plus réagi.

« Cela peut sembler spectaculaire pour les riverains, mais ce chantier n'a rien d'extraordinaire, tient à préciser Nicolas Renault, technicien en assainissement de sites pollués par la radioactivité à l'Andra. Nous en organisons deux ou trois chaque année. Nous avons des prestataires techniques avec qui nous sommes sous contrat afin de pouvoir intervenir très vite une fois que la Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (CNAR) a donné son accord de financement⁽²⁾. »

Alerte à la poudre blanche

Retour en arrière...

En février 2024, le fils du propriétaire est en train de débarasser l'atelier au rez-de-jardin, où rien n'a bougé depuis de nombreuses années, pour mettre la maison en vente. Il tombe sur une fiole sommairement fermée contenant une poudre blanche. Ignorant quel peut être son contenu, il l'ouvre



Mesures radiologiques dans le sas d'intervention.



Mesure radiologique de la boîte contenant des objets radioactifs.

LE RADIUM, HÉRITAGE D'ANNÉES FOLLES

Métal découvert en même temps que la radioactivité par Marie et Pierre Curie en 1898, le radium devient luminescent lorsqu'il est associé à certains matériaux. Dès les premières années du xx^e siècle, l'industrie horlogère se saisit de cette propriété, notamment pour rendre les chiffres des cadrans des réveils et des montres visibles dans l'obscurité. L'engouement gagne les cosmétiques et l'on voit se multiplier dans les années 1930 les crèmes et les pommades censées donner un teint plus lumineux. Pourtant, le radium est d'une utilité indiscutable pour la médecine, tant pour le diagnostic que le soin. Mais ces vertus bien réelles ont été détournées à des fins commerciales. Cet usage aujourd'hui pros crit a laissé un héritage d'objets radioactifs, parfois oubliés dans des caves ou des greniers, qu'il faut gérer en les identifiant et en les prenant en charge de manière sûre.

pour tenter de l'identifier et, au passage, en renverse une petite partie sur le sol. C'est alors qu'il avise l'étiquette indiquant « sels radioluminescents »⁽³⁾.

Il l'enferme aussitôt dans une boîte en plastique qu'il place à l'extérieur, puis prévient les autorités. Les sapeurs-pompiers effectuent une intervention de mise en sécurité de l'objet – dans le vide-sanitaire de la maison – et réalisent les premières mesures radiologiques. Celles-ci ayant mis en évidence plusieurs zones de contamination radioactive, la préfecture déclenche l'intervention des spécialistes de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Ces derniers vérifient l'absence de danger pour les personnes ayant été en contact avec la fiole, puis dressent une cartographie de la radioactivité des lieux. Ils transmettent ensuite leur rapport à l'Andra, qui détermine et organise rapidement les travaux d'assainissement nécessaires.

Un service public

« Ce particulier a eu le bon réflexe en prévenant les autorités, pour lui comme pour la collectivité, décrypte Nicolas

Renault. La maison est désormais sûre pour ses futurs occupants, et tous les éléments contaminés, dont les déchets radioactifs du chantier, se trouvent maintenant sur notre Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube. Enfin, cette intervention relevant de la mission de service public confié par l'État à l'Andra, le propriétaire n'aura rien à payer. » ●

(1) L'écroûtage consiste à retirer la couche superficielle du sol.

(2) La CNAR intervient pour définir l'usage des subventions publiques consacrées à l'assainissement de sites pollués par la radioactivité.

(3) C'est-à-dire avec un élément radioactif ayant la propriété d'émettre de la lumière dans l'obscurité.



Voir la vidéo : <https://lc.cx/b5GdkX>



FAIRE REPRENDRE VOS OBJETS RADIOACTIFS

Les objets radioactifs peuvent se reconnaître à la présence du symbole en forme de « trèfle » (ou trisecteur) sur leur emballage ou des lettres « rad » ou « ra » dans leur nom. Ils peuvent aussi être conditionnés dans du béton ou du plomb. Il s'agit le plus souvent de réveils, d'aiguilles médicales, de poudres ou de produits cosmétiques anciens. L'Andra est chargée de les collecter gratuitement. Elle en récupère ainsi une cinquantaine chaque année, partout en France.

Contact : 01 46 11 83 27 ou collecte-dechets@andra.fr

Cigéo : la phase industrielle pilote en 5 points

La phase industrielle pilote, prévue au démarrage de Cigéo, est issue d'un débat public organisé en 2013. Dix ans plus tard, elle a fait l'objet d'une longue phase de concertations pour en définir les premiers contours et attendus. Explications.

1

QU'EST-CE QUE LA PHASE INDUSTRIELLE PILOTE ?

La phase industrielle pilote permet de conforter la démonstration de sûreté du stockage, son exploitabilité et la récupérabilité des colis de déchets radioactifs. Le principe a été retenu par l'Andra à la suite du débat public mené en 2013 sur le projet. Ce débat avait fait émerger une demande du public d'intégrer une phase progressive et prudente de construction, d'essais et de démarrage de l'activité industrielle. Cette phase pourrait débiter dès le décret d'autorisation de création et se terminer après quelques années de fonctionnement. Elle a été inscrite dans la loi du 25 juillet 2016, qui précise les modalités de création de Cigéo.

2

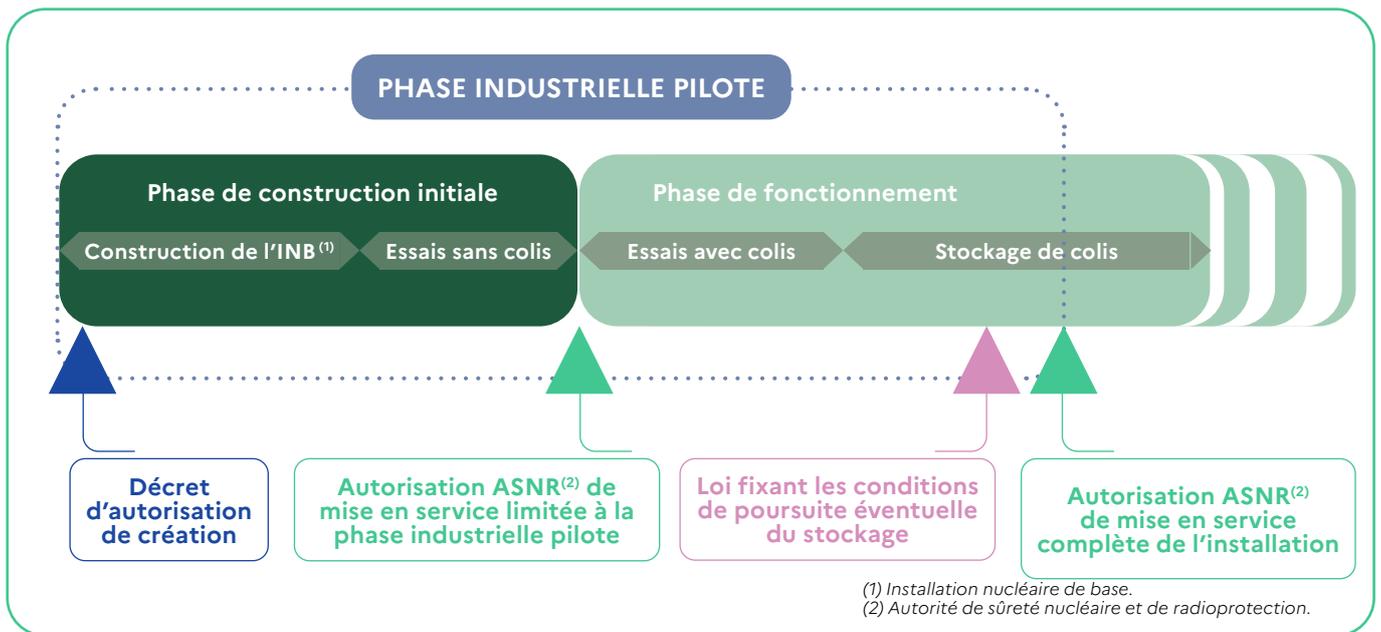
À QUOI VA-T-ELLE SERVIR ?

• **Du point de vue technique**, la phase industrielle pilote sera l'occasion de commencer à construire l'installation souterraine et de contrôler les performances des procédés industriels de creusement. De nouvelles mesures viendront préciser celles déjà réalisées, notamment au Laboratoire souterrain de l'Andra, sur les caractéristiques de la roche. Des démonstrateurs d'alvéoles de stockage de déchets seront également mis en œuvre, afin notamment de vérifier la qualité des ouvrages, tout comme des démonstrateurs d'ouvrages de fermeture pour étudier leur comportement sur la durée. Enfin, une fois que les installations prévues durant cette phase seront construites et équipées, le fonctionnement de Cigéo sera testé sous de nombreux aspects : réception, contrôle et préparation des colis, mise en place et retrait des colis dans les alvéoles de stockage, surveillance, etc.

• **Du point de vue de la gouvernance** de Cigéo, l'enjeu est la mise en place et le rodage de pratiques permettant au public et aux parties prenantes de suivre le fonctionnement et la mise en service progressive du centre de stockage.



Ateliers prospectifs « Bienvenue en 2050 ! ».



3 COMMENT VA-T-ELLE SE DÉROULER ?

La phase industrielle pilote devrait se dérouler en deux temps :

- **Une première phase** consacrée à la construction initiale de l'installation, aux tests des équipements et aux opérations de mise en stockage par des essais « inactifs », c'est-à-dire en utilisant des « maquettes » de colis ne contenant pas de radioactivité.
- **Une seconde phase**, qui nécessitera une autorisation de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR). Elle permettra de mener des essais de démarrage « actifs », c'est-à-dire avec des colis de déchets radioactifs, puis d'exploiter progressivement Cigéo en bénéficiant de plusieurs années de retour d'expérience avant d'obtenir – si le Parlement décide de poursuivre le projet – l'autorisation pour sa mise en service complète.

4 COMMENT LES PROPOSITIONS D'OBJECTIFS ET DE CRITÈRES DE RÉUSSITE ONT-ELLES ÉTÉ IDENTIFIÉES ?

L'édition 2022-2026 du PNGMDR prévoit que l'Andra propose les principaux objectifs et critères de réussite de la phase industrielle pilote. C'est sur la base de ces éléments, qui pourront être amenés à être complétés dans le temps, que les parlementaires se prononceront sur les conditions de poursuite du projet et sur la fin de la phase industrielle pilote. Ce rendez-vous, inédit pour une installation nucléaire⁽¹⁾, est d'ores et déjà prévu dans la loi. Pour nourrir sa réflexion, l'Andra a mené au premier semestre 2024 une concertation publique intégrant des modalités innovantes, comme les ateliers prospectifs « Bienvenue en 2050 ! ».

En savoir plus sur ces ateliers, menés notamment avec des étudiants :



5 ET ENSUITE ?

Sur la base du retour d'expérience de la phase industrielle pilote, et en particulier d'un rapport remis par l'Andra, le Parlement se prononcera à travers une loi sur les conditions de poursuite de Cigéo. Durant l'instruction, l'Andra prévoit de poursuivre l'exploitation du stockage. La mise en service complète de l'installation ne pourrait être autorisée par l'ASNR qu'après ce rendez-vous parlementaire. La loi pourra décider de poursuivre l'exploitation de l'installation industrielle, de l'arrêter ou de toute autre option intermédiaire.

(1) Habituellement, l'autorisation de mise en service est donnée pour toute la durée de vie de l'installation. Dans le cas de Cigéo, la mise en service est limitée à la phase industrielle pilote, avant la possibilité d'une mise en service complète.

SAM, le robot qui a le bras long

En septembre 2024, un bras robotisé a été monté et testé sur le véhicule d'auscultation SAM⁽¹⁾, grâce auquel l'Andra mène des expérimentations préparatoires au projet Cigéo. L'objectif ? Tester sa capacité à se déplacer et à récupérer des échantillons dans un démonstrateur d'alvéoles de déchets radioactifs de haute activité. Compte rendu de ce voyage à 500 mètres de profondeur.

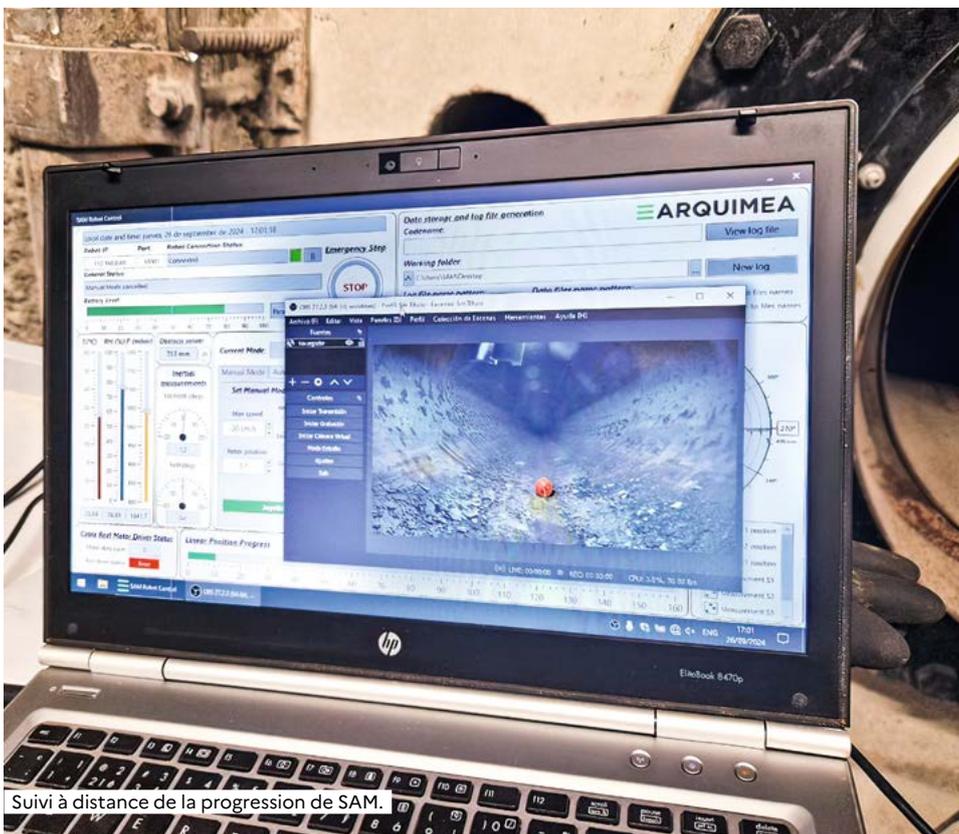
Conçu par l'Andra et la société Arquimea, le véhicule autonome d'auscultation SAM a fait ses premiers « pas » au Laboratoire souterrain de l'Andra en Meuse/Haute-Marne en juillet 2019. Sa vocation : ausculter des alvéoles de stockage de déchets radioactifs de haute activité, représentatives de celles qui pourraient être construites dans Cigéo. Capable par exemple de détecter toutes les déformations que peuvent subir les alvéoles sous la pression de la roche, SAM fait partie de la grande famille des dispositifs de surveillance qui seront essentiels en exploitation pour garantir la sûreté de Cigéo.

Un bras innovant qui ouvre le champ des possibles

Depuis sa mise en service, SAM n'a cessé d'être amélioré pour gagner en efficacité et en autonomie. C'est ainsi qu'il a récemment été équipé d'un bras articulé unique en son genre, développé par la start-up française Nimbl'Bot. Cette dernière, spécialisée dans la conception de robots pouvant effectuer des inspections dans des endroits exigus, dangereux ou inaccessibles, a travaillé avec l'Andra pour valider la faisabilité de piloter le bras dans une alvéole et identifier les nouveaux cas d'usage qui s'ouvrent pour SAM.



SAM équipé de son nouveau bras au Laboratoire souterrain.



Suivi à distance de la progression de SAM.

NIMBL'BOT : LES ROBOTS DE L'EXTRÊME

Créée en 2018 et implantée à Bordeaux, Nimbl'Bot est une start-up française spécialisée dans le développement de bras robotisés pour l'inspection et la maintenance de zones inaccessibles ou dangereuses pour l'homme. La société a développé ses premiers prototypes en 2020 et a réalisé plusieurs démonstrations complexes (inspections de tuyauterie, décontamination de murs en béton...) pour des clients du secteur nucléaire : le CEA, EDF et Orano. Le nouveau bras articulé du robot SAM de l'Andra vient compléter ce portefeuille de succès technologiques.



« Le bras de SAM fonctionne comme une colonne vertébrale, illustre Alice Lassalle, cofondatrice de Nimbl'Bot. Il n'a pas de coude et quand on le regarde, on voit davantage un serpent. C'est comme si nous avions mis en série des vertèbres qui peuvent effectuer des rotations à 360 degrés. Il en résulte une infinité de solutions de trajectoires. »

Différentes missions pourraient ainsi être assignées à SAM équipé de son bras robotisé. « Surveiller la qualité des alvéoles sera essentiel pendant le fonctionnement de Cigéo, rappelle Guillaume Hermand, ingénieur R&D en instrumentation à l'Andra. On pourrait envisager d'envoyer quelqu'un pour une mission d'inspection, mais cela serait lourd à mettre en place, pas forcément possible partout et cela n'est pas sans risque. D'où l'intérêt du bras de SAM ! » Piloté à distance, ce dernier pourrait en effet avancer dans les alvéoles à la place de l'homme et effectuer différentes opérations, telles que la vérification de l'état des soudures entre les éléments en acier de l'alvéole ou encore la surveillance d'une éventuelle corrosion.

Testé les 26 et 27 septembre derniers au Laboratoire souterrain, le bras de SAM a prouvé son efficacité pour la récupération d'échantillons de matériaux. « Ce test concluant nous a permis de constater combien le bras était agile, détaille Guillaume Hermand. Il ne se cogne pas aux parois et pourrait sans doute effectuer d'autres opérations comme contrôler les soudures ou récupérer les données stockées dans les différents capteurs des alvéoles. »

Des robots sur mesure pour les générations futures

La solution robotique Nimbl'Bot testée en septembre a fait l'objet d'un assemblage unique pour répondre au mieux aux besoins de l'Andra. « Que ce soit pour Orano, Framatome ou l'Andra, nous nous sommes toujours adaptés aux cas d'usage », confirme Alice Lassalle. Et le partenariat avec l'Agence se poursuit ! « Nous collaborons très efficacement avec Nimbl'Bot, souligne Guillaume Hermand. Les derniers tests ont ouvert la voie à de nouvelles perspectives pour les contrôles à effectuer dans le cadre de Cigéo et nous allons poursuivre notre travail pour garantir la sécurité des générations futures. » Nimbl'Bot va ainsi se concentrer sur la miniaturisation de certains éléments du bras, la création d'un réceptacle pour les prélèvements, l'optimisation des doigts de la pince ou encore l'amélioration de la caméra. En ligne de mire : de nouveaux essais prévus à l'été 2025. ●

(1) Système d'auscultation mobile.



SAM en action dans l'un des prototypes d'alvéoles pour les déchets de haute activité.

PORTRAIT-ROBOT DE SAM

Poids :
30 kg

Mensurations :
70 cm de long, 50 cm de large

Caractéristiques clés :
doté d'une caméra vidéo de vision nocturne à l'avant, de trois capteurs laser, de capteurs de vitesse, de température, de pression atmosphérique et d'humidité relative

Atout majeur :
peut transporter jusqu'à 20 kg de matériel



#ON VOUS RÉPOND

Pourquoi ne pas envoyer les déchets radioactifs dans l'espace ?

Cette solution revient parfois dans les débats sur le devenir des déchets radioactifs les plus dangereux. De fait, la NASA, l'agence spatiale américaine, a étudié cette possibilité dans les années 1970 et au début des années 1980. Plusieurs destinations ont été envisagées, dont la surface de la Lune et une orbite autour du Soleil. Cette piste a été abandonnée pour des raisons de

sécurité, de faisabilité, mais également de coût. Il faudrait en effet 14 fois plus de fusées qu'il n'en décolle aujourd'hui pour acheminer *a minima* les déchets de haute activité (HA) produits chaque année par les centaines de réacteurs nucléaires de la planète. En prenant en compte les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL), l'envoi dans l'espace ne serait pas capable, à lui seul, de gérer ces deux catégories de déchets radioactifs de manière définitive. Sans oublier les échecs au décollage... Le risque, même très limité, entraînerait des conséquences potentielles très importantes pour le public et l'environnement en cas d'échec d'un tir et de retombées des résidus radioactifs sur Terre. Enfin, l'incidence environnementale de ces lancements n'a pas été examinée à l'époque de ces études. L'ensemble de ces enjeux a conduit à écarter l'option de l'envoi de nos déchets radioactifs dans l'espace.



La chaîne Tout Simplement –
Kurzgesagt en parle dans sa vidéo :
www.andra.fr/node/2585



#ILS SONT VENUS NOUS VOIR



Plusieurs membres de l'Académie du drone ont visité le site de Meuse/Haute-Marne en décembre dernier.

« Après avoir formé du personnel de l'Andra à l'utilisation de drones, nous avons eu l'occasion de visiter le Centre de Meuse/Haute-Marne et son Laboratoire souterrain. Descendre à 500 mètres sous terre pour découvrir l'ampleur des recherches menées dans ce lieu unique a été une expérience impressionnante et marquante ! »

Jérôme Certain (au centre de l'image),
membre de l'Académie du drone.



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



Que représente cette photo ?

Nous sommes dans la carothèque du Centre de Meuse/Haute-Marne de l'Andra ! La photo présente deux carottes, échantillons de roche prélevés à l'intérieur et autour du Laboratoire souterrain, mais également lors des campagnes de forages menées dans le sous-sol français pour y rechercher des terrains favorables au stockage de déchets radioactifs. À ce jour, plusieurs milliers de boîtes sont stockées sur de grands rayonnages.



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**De mars à novembre,
venez visiter nos installations
pour en savoir plus
sur le projet Cigéo !**



Préparer sa visite :
<https://lc.cx/oW5308>

