



REPUBLIQUE  
FRANCAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité



PRINTEMPS-ÉTÉ 2024 N° 48

# le Journal de l'Andra

— ÉDITION AUBE

P.10

**Radioactivité  
et radioprotection :**  
les rayonnements  
sous contrôle



# Sommaire

## en bref

- P.4** Retour sur la semaine des métiers du nucléaire
- P.4 danslesmédias**  
Partenariat Andra-Troyes Aube Radio : c'est reparti pour une année d'émissions
- P.5** Nouvel accord de partenariat entre le BRGM et l'Andra

## tableau de bord

- P.6** Lettre aux générations futures : bilan de la campagne institutionnelle de l'Andra

## territoire

- P.7** Acaci : avis favorable du commissaire enquêteur



- P.7** Groupe mémoire : une exposition itinérante en préparation
- P.8** Journée portes ouvertes de l'Andra au Cires
- P.9** L'Andra présente son travail sur la mémoire au Forum de l'éducation artistique et culturelle

## dossier



### P.10 Dossier

## Radioactivité et radioprotection : les rayonnements sous contrôle

- P.11** La radioactivité, invisible... et omniprésente !
- P.11** Les unités de mesure de la radioactivité
- P.12** Radioactivité : quelle exposition pour quels effets ?
- P.12** Les dates clés de la radioprotection
- P.14** Radioprotection : se protéger des radiations
- P.15** Dans les coulisses des centres industriels de l'Andra
- P.17** Bientôt un indicateur de la nocivité des déchets radioactifs ?

## portrait

- P.18** Philippe Callewaert, rencontre avec un éternel curieux

## l'invité

- P.19** Entretien avec Dominique Le Guludec, nouvelle présidente du Comité éthique et société

## décryptage

- P.20** Relance du nucléaire : quels impacts sur la gestion des déchets radioactifs ?
- P.22** Terres « Bayard », l'heure du dernier voyage 
- P.24** Gestion des déchets radioactifs : l'Espagne affine ses choix

## innovation

- P.25** Kri-Terres, un projet pour mieux évaluer la radioactivité des sols

## entre nous

- P.26** On vous répond  
Peut-on effectuer une alternance à l'Andra ?
- P.26** #Ils sont venus nous voir
- P.27** photomystère

## LE POINT DE VUE DE CHEREAU Éclairage scientifique



Les dangers que peut présenter la radioactivité sont aujourd'hui bien connus. Mais cela n'a pas toujours été le cas ! Revivez en pages 22-23 l'histoire de la société Réveils Bayard, l'un des fleurons français de l'horlogerie du xx<sup>e</sup> siècle qui utilisait de la peinture au radium. Des terres contaminées provenant de son ancienne usine en Normandie sont aujourd'hui prises en charge sur les centres de l'Andra dans l'Aube. Découvrez également en page 10 notre dossier consacré à la radioprotection.

**le Journal de l'Andra** | **Édition Aube N°48**  
Centres industriels de l'Andra dans l'Aube  
BP7 - 10 200 Soullaines-Dhuys - Tél. : 0 800 31 41 51 - journal-andra@andra.fr

Directeur de la publication : Pierre-Marie Abadie • Directeur de la rédaction : Antoine Billat • Rédactrice en chef : Sophie Dubois • Ont participé à la rédaction : Guillaume Tixier, Alexia Attali, Yann Cabaret, Olivier Constant, Valérie Lachenaud, Isabelle de Buyer • Responsable iconographie : Sophie Muzerelle • Crédits photos : AdobeStock, Andra, Lauriane Becet, CEA, Adrien Daste, Philippe Demail, Cassandra Dépit, Olivier Douard / Juliane Patris, DR, Sophie Dubois, Vincent Duterme, Enresa, Gettyimages, Jean-Marie Huron, Stéphane Lavoué, Philippe Masson, Mines ParisTech, Studio Montclair • Dessins : Antoine Chereau • Infographies et illustrations : Citizen Press • Conception et réalisation : Citizen Press, Paris : www.citizen-press.fr • Impression : BLG Toul - Siret 43761704600044 - Imprimé sur du papier issu de forêts durablement gérées dans une imprimerie certifiée Imprim'vert • © Andra - 369-48 • DDP/DICOM/24-0020 Édition Aube • ISSN 2106-8305 (imprimé), ISSN 3037-0248 (en ligne) • Tirage : 47 420 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).

26 663

C'est le nombre d'analyses radiologiques et physico-chimiques réalisées en 2023 sur près de 3640 échantillons d'eau, de sédiments, d'herbe, de la chaîne alimentaire... prélevés autour et à l'intérieur des centres industriels de l'Andra dans l'Aube afin d'assurer la surveillance de l'environnement.



## Parution des rapports d'information 2023

La dernière édition des rapports d'information du Centre de stockage de l'Aube (CSA), du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) et du Centre de stockage de la Manche (CSM) vient de paraître. Ces documents grand public présentent notamment les données en matière de radioprotection, de sûreté, de sécurité et les résultats des analyses menées sur l'environnement. Disponibles sur [aube.andra.fr](http://aube.andra.fr) (rubrique « Ressources »), ils peuvent aussi être envoyés par voie postale sur demande à : [comm-centresaube@andra.fr](mailto:comm-centresaube@andra.fr)

### Erratum

Une erreur de code couleur s'est glissée dans les légendes des graphiques en page 16 du Journal de l'Andra n° 47. Dans le premier schéma, les couleurs des secteurs d'activité « Recherche » et « Médical » ont été interverties, ainsi que celles des secteurs « Défense » et « Industrie non électronucléaire ». Idem pour les couleurs des catégories FMA-VC et TFA dans le second schéma. L'ensemble des chiffres restent exacts. Merci aux lecteurs attentifs qui nous ont signalé cette erreur.



Le public (les collégiens en particulier) a répondu présent au Centre de Meuse/Haute-Marne

## Retour sur la semaine des métiers du nucléaire

Mardi 6 février 2024, l'Andra organisait sur son Centre de Meuse/Haute-Marne une journée dédiée aux métiers du nucléaire. Une rencontre associant de nombreux partenaires, qui s'inscrivait dans le cadre de la semaine des métiers du nucléaire organisée par France Travail (anciennement Pôle Emploi) et l'Université des métiers du nucléaire du 5 au 9 février. « Pouvoir accueillir sur notre installation des collégiens, des demandeurs d'emploi et tous les acteurs de la filière dans le Grand Est et au niveau national, c'est un vrai succès ! » explique Patrice Torres, directeur industriel et des activités du Grand Est.

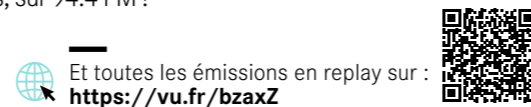
Au total, environ 600 collégiens et demandeurs d'emplois ont répondu présent pour l'événement. Dans le cadre de cette opération, l'Andra a également reçu au Centre de stockage de l'Aube (CSA) des jeunes suivis par la mission locale de Bar-sur-Aube. Ils ont pu visiter le CSA et avoir une présentation des activités suivi d'un « job dating » avec les principaux prestataires sur le site (Altrad Endel, Veolia Nuclear Solutions, Onet Main Sécurité).



dans les médias

## Partenariat Andra-Troyes Aube Radio : c'est reparti pour une année d'émissions

L'année 2024 marque la quatrième année du partenariat entre l'Andra et la radio auboise Troyes Aube Radio. Dès son lancement en janvier 2021, cette dernière s'est entourée de partenaires locaux, dont l'Andra, afin d'enrichir les contenus diffusés. Un partenariat gagnant-gagnant, puisque la chaîne peut ainsi aborder des sujets scientifiques attirant un public plus large, tout en permettant à l'Andra de remplir sa mission d'information. Ce partenariat a permis la création de plusieurs émissions de vulgarisation scientifique et d'un magazine, *Autres regards avec l'Andra*, donnant la parole aux acteurs avec lesquels l'Agence a noué des liens forts et qui participent au dynamisme local. Un tout nouveau programme est en projet avec des collégiens qui viendront à l'antenne expliquer des faits scientifiques du quotidien. À suivre sur les ondes, sur 94.4 FM !



## Nouvel accord de partenariat entre le BRGM et l'Andra

L'Andra et le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) ont signé en février dernier le renouvellement de leur partenariat de R&D pour cinq ans. L'accord porte sur plusieurs axes majeurs. D'une part, la géologie, la géodynamique et l'hydrogéologie afin d'améliorer la connaissance du milieu géologique de Cigéo. Ensuite, la simulation numérique haute performance, pour vérifier que le comportement et l'évolution du stockage sont cohérents avec ce qui est attendu. Des recherches sur le jumeau numérique, le traitement de données et l'intelligence artificielle viseront quant à elles à optimiser la surveillance et l'observation de systèmes complexes, comme le stockage et son environnement géologique. Enfin, l'Andra et le BRGM mèneront des recherches sur la géochimie des eaux, des formations géologiques et des matériaux utilisés pour le stockage, par exemple l'argile pour la réalisation de scellements dans Cigéo.



Signature du partenariat entre les directeurs du BRGM et de l'Andra.

## L'Andra à la rencontre du monde associatif

Depuis le début de l'année, l'Andra est allée plusieurs fois à la rencontre des membres de l'Institut universitaire du temps libre (IUTL)<sup>(1)</sup> de l'académie de Reims, dans le cadre d'une convention. De Joinville à Sézanne en passant par

Troyes, des salariés des centres de l'Aube ont ainsi pu échanger avec ce public sur l'origine des déchets radioactifs et leur gestion. « Ces rencontres donnent l'opportunité de revenir sur des idées reçues et de répondre à des interrogations,

notamment sur le transport, l'environnement, la sûreté, etc. », précise Lauriane Becet, chargée de communication à l'Andra.

Jérôme Robin, ingénieur sûreté colis, a eu l'occasion d'intervenir auprès d'un club de l'IUTL. Il revient sur son expérience : « Répondre aux questions de ce public curieux est enrichissant. J'aime transmettre mes connaissances, faire découvrir les activités de l'Andra et inciter l'auditoire à poursuivre leur quête de savoir en visitant les centres de stockage. »

Vous faites partie d'une association ? Et une intervention sur la gestion des déchets radioactifs vous intéresse ? Contactez le service communication des centres industriels de l'Andra dans l'Aube au 03 25 92 33 04 ou à : [comm-centresaube@andra.fr](mailto:comm-centresaube@andra.fr)

(1) L'IUTL est un service, ouvert à tous, qui propose des conférences et des visites sur des thèmes variés en faisant intervenir des partenaires locaux.



Les membres de l'IUTL de l'académie de Reims, très intéressés par la gestion des déchets radioactifs.

# Lettre aux générations futures : bilan de la campagne institutionnelle de l'Andra

Pour mieux faire connaître sa mission d'intérêt général, l'Andra a déployé en novembre 2023, en région Grand Est et sur Internet, une campagne institutionnelle signée « À toi qui n'es pas encore né, l'Andra travaille déjà pour toi ».

## Pourquoi ?

Si chacun sait que les centrales nucléaires produisent des déchets radioactifs, beaucoup ignorent ce que deviennent ces déchets et qui s'en occupe. La campagne visait donc à rappeler la mission de l'Andra : stocker les déchets radioactifs de façon sûre pour protéger les générations actuelles et futures du danger qu'ils représentent. Elle a également permis de mettre en avant l'engagement des salariés de l'Agence.



## Une campagne multicanal

Affichage print et digital, diffusion élargie sur les réseaux sociaux, campagne mobile géolocalisée... De multiples canaux de diffusion ont été utilisés pour toucher des publics différents : des riverains proches des installations de l'Andra aux personnes ne connaissant pas l'Agence. La campagne se prolongeait en ligne grâce à un site Web dédié (andra.fr/futur) et des contenus pour en savoir plus (vidéos, infographies animées, espace d'expression).



## Résultats

- 35 millions d'impressions<sup>(1)</sup>, 135 000 clics<sup>(2)</sup> et 3 700 interactions<sup>(3)</sup> pour la campagne Web
- 1,6 million de vues de la vidéo *Lettre aux générations futures*
- Jusqu'à 85 % d'arguments positifs sur les réseaux sociaux
- + 17 points pour la notoriété de l'Andra dans le Grand Est après la campagne d'affichage
- Lauréat de deux prix de communication



## Témoignage

« Cela permet de valoriser des métiers qui ne sont pas forcément connus alors qu'ils nous protègent tous les jours. »

Lucas, riverain d'un centre de l'Andra

## À voir et à revoir



*Lettre aux générations futures* : dans cette vidéo diffusée sur YouTube, les femmes et les hommes de l'Andra s'adressent à ceux qui ne sont pas encore nés et donnent à tous un message de confiance en l'avenir.



Pour revoir la vidéo : <https://vu.fr/NuSZG>



# Acaci : avis favorable du commissaire enquêteur

Après le dépôt, en avril 2023, par l'Andra d'une demande d'autorisation environnementale pour le projet d'augmentation de la capacité autorisée de stockage du Cires (Acaci), et suite à l'avis rendu par l'autorité environnementale en novembre 2023, une enquête publique s'est déroulée du 4 mars au 2 avril 2024. Le commissaire enquêteur vient d'émettre un avis favorable.



Vue aérienne du Cires.

Le projet Acaci consiste à augmenter la capacité de stockage autorisée du Cires. Si l'Andra obtient l'autorisation, le centre pourrait accueillir au total 950 000 m<sup>3</sup> de déchets radioactifs de très faible activité au lieu des 650 000 m<sup>3</sup> actuellement autorisés, sans augmenter la surface de stockage. Ceci est rendu possible grâce aux différentes optimisations réalisées sur les alvéoles de stockage depuis la mise en service du centre en 2003 : approfondissement des alvéoles, raidissement des pentes, élévation de la partie supérieure du stockage. Après étude des différents éléments du dossier de la demande d'autorisation environnementale pour le projet Acaci, et considérant le bon déroulement de l'enquête publique, le commissaire enquêteur a émis un avis favorable à cette demande d'autorisation. Cet avis est ajouté aux pièces du dossier dont les services de l'État poursuivent l'étude. ●

# Groupe mémoire : une exposition itinérante en préparation

Faire découvrir au public les solutions originales et innovantes imaginées par les groupes de réflexion sur la mémoire des centres de l'Andra : c'est le projet qui mobilise actuellement les membres du groupe de l'Aube. Il prendra la forme d'une exposition présentée à travers la France.

Créé en 2011, le « groupe mémoire » de l'Aube compte une quinzaine de membres bénévoles (élus locaux, anciens collaborateurs de l'Andra, riverains, retraités, jeunes actifs...) qui se réunissent plusieurs fois par an pour mener des missions, telles que la création d'outils pédagogiques pour sensibiliser les plus jeunes à l'importance de la conservation et de la transmission de la mémoire des centres de stockage. Cette année, ils préparent une exposition itinérante qui présentera leurs travaux ainsi que ceux des autres groupes mémoire de l'Agence dans la Manche et en Meuse/Haute-Marne. « Cette

idée a émergé au cours d'un séminaire de réflexion organisé pour les 10 ans des groupes, explique Cassandra Dépit, chargée de communication à l'Andra. Leur travail est essentiel pour l'Agence et nous sommes heureux de les valoriser. » Cette exposition sera l'occasion, pour le groupe de l'Aube, de faire connaître quelques-uns de ses projets phares : saynètes évoquant la radioactivité et la mémoire de manière ludique, escape box sur la conservation de la mémoire d'un site de stockage, ou encore un jeu « memory » sur l'enjeu de la transmission. Rendez-vous début 2025 pour tout découvrir ! ●



Le groupe mémoire Aube se réunit régulièrement pour préparer sa future exposition.

(1) Impression : nombre de fois où les publications sont apparues sur l'écran d'un utilisateur.  
 (2) Clic : nombre de fois où des utilisateurs ont cliqué sur les liens qui contiennent les publications.  
 (3) Interaction : nombre de fois où des personnes ont interagi avec les publications via des mentions "J'aime", des commentaires, des partages...

## Dimanche 15 septembre 2024 : journée portes ouvertes de l'Andra au Cires

Visite des installations, ateliers, village des métiers, parcours connecté... La journée portes ouvertes de l'Andra 2024 sera plus que jamais pédagogique et interactive.



Visite des installations de stockage au Cires.

Dimanche 15 septembre 2024 aura lieu une journée portes ouvertes au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) dans l'Aube. Vous pouvez d'ores et déjà bloquer la date dans votre agenda.

Cette journée annuelle, destinée à un public familial, offre la possibilité de découvrir ou de redécouvrir



Le chien-robot Cigéfix.

une activité particulière : la gestion des déchets radioactifs produits sur le territoire français.

Dès votre arrivée sur le Cires, vous serez invités à parcourir le village des experts afin de rencontrer et d'échanger librement avec les collaborateurs de l'Andra. Vous pourrez vous informer sur les activités industrielles et découvrir les divers métiers des hommes et des femmes qui composent l'Andra dans l'Aube aujourd'hui. Sur chaque stand, des ateliers, jeux et autres animations vous permettront de comprendre les activités de l'Agence de façon pédagogique et interactive. Un espace sera également dédié au projet Cigéo.

Vous pourrez poursuivre votre journée par la découverte des installations du centre accompagné d'un salarié qui vous guidera dans le bâtiment traitement du site – comprenant notamment une unité

de compactage des déchets et une unité de solidification – puis en zone de stockage, où vous verrez au plus près comment les déchets sont stockés dans les alvéoles.

Grande nouveauté pour cette édition 2024 : pour les plus connectés, un parcours de visite dynamique, conçu avec l'application GeoGaming, a été imaginé.

Enfin, vous ferez certainement connaissance avec un invité exceptionnel : Cigéfix. Récemment acquis par l'Andra et testé au Laboratoire souterrain du centre de Meuse/Haute-Marne pour préfigurer des applications possibles de la robotique en vue de Cigéo, ce chien-robot déambulera tout au long de la journée dans le village. ●



Découverte d'installations et de projets de l'Andra en réalité virtuelle.

**JOURNÉE PORTES  
OUVERTES DE L'ANDRA  
AU CIRES**

**Infos pratiques :**

Dimanche 15 septembre  
2024, de 10 h à 17 h,  
au Cires (entre Brienne-  
le-Château et Soullaines-  
Dhuys).

Entrée gratuite. Possibilité  
de se restaurer sur place.

## L'Andra présente son travail sur la mémoire au Forum de l'éducation artistique et culturelle

Le 14 février dernier avait lieu le Forum de l'éducation artistique et culturelle (Féac), organisé par l'académie de Reims avec la Direction régionale des affaires culturelles, Réseau Canopé<sup>(1)</sup> et plusieurs collectivités territoriales. Sollicitée sur les enjeux de mémoire, l'Andra a répondu présent.

« Patrimoine artistique et littéraire, traces, mémoire » : tel était le thème de la 8<sup>e</sup> édition du Féac, où se rencontrent chaque année enseignants et structures culturelles. « *Le but de ce forum est de montrer que les arts et la culture ont une importance capitale dans le développement de l'enfant*, explique Corinne Cahez, inspectrice de l'Éducation nationale pour la circonscription Saint-Julien Arcis. *Nous voulons faire connaître les actions locales à ce sujet et susciter des projets. En lien avec le thème de cette année, nous avons fait appel à l'Andra pour parler de l'archivage et de la nécessité d'œuvrer pour la mémoire des générations futures.* » Pour l'Agence, cet événement était aussi l'occasion de toucher un public qui ne connaît pas toujours ses activités.

### Transmettre par le jeu

Au cours de la matinée, les participants ont pu découvrir le programme « Mémoire pour les générations futures » de l'Andra présenté par sa responsable, Florence Poidevin. Comment imaginer demain ? Comment parler aux générations futures ? Comment concevoir des outils mémoriels qui traverseront les âges ? Autant de questions abordées lors de cette présentation. L'après-midi, des ateliers ludiques ont permis de montrer comment l'Andra utilise le jeu aussi bien pour expliquer des phénomènes scientifiques, conformément à sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique, que pour transmettre la mémoire. « *Réfléchir aux traces que nous laissons est au cœur du travail que nous menons*



L'escape box permet de montrer l'importance de la conservation de la mémoire.

autour de la problématique de la mémoire, souligne Lauriane Becet, chargée de communication à l'Andra. *Notre participation au Féac nous a également permis de présenter les outils pédagogiques que nous avons développés et que nous animons régulièrement dans les établissements scolaires. Ces jeux et ateliers permettent aux jeunes de réfléchir à une question de société qui nous concerne tous, la gestion des déchets radioactifs.* ●

(1) Opérateur du ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse chargé de la formation et du développement professionnel des enseignants.



Lors d'un atelier animé par l'Andra.



Retrouvez en ligne  
le détail des ateliers  
et jeux proposés :  
<https://vu.fr/jlIBi>





## Radioactivité et radioprotection : les rayonnements sous contrôle

**Nous sommes exposés en permanence à des sources de radioactivité, qu'elles soient naturelles ou artificielles. Si les usages de la radioactivité fournissent des services pour notre société, les rayonnements issus de ce phénomène peuvent présenter des effets néfastes pour la santé. Même s'ils sont invisibles, ces rayonnements sont détectables, mesurables et, surtout, il existe de nombreuses dispositions pour s'en protéger.**

Que ce soit pour les travailleurs en environnement nucléaire, les patients en médecine nucléaire et plus largement l'ensemble de la population, toute exposition à la radioactivité nécessite des mesures de protection adaptées. Les différents principes, règles et mesures à mettre en œuvre pour assurer cette protection correspondent à ce qu'on appelle « la radioprotection » et s'appliquent également à la gestion des déchets radioactifs.

## La radioactivité, invisible... et omniprésente !

**Phénomène naturel aux nombreux usages industriels ou médicaux, la radioactivité est présente partout, mais n'est pas perceptible pour l'œil humain. Explications.**

Tout corps, qu'il soit animal, végétal, minéral, est composé d'atomes.

La plupart des atomes sont stables et ne changent pas au fil du temps. Certains, en revanche, sont instables et cherchent à atteindre, plus ou moins rapidement, un état stable. Pour y arriver, le noyau de ces atomes va se transformer (on parle de « désintégration ») en libérant de l'énergie sous forme de rayonnements dits « ionisants », invisibles à l'œil nu. Ces rayonnements peuvent provoquer des effets différents sur l'organisme en fonction de l'activité, du type de rayonnement (alpha, bêta,

gamma), ou encore de l'organe et des tissus exposés. Si une simple feuille de papier suffit à arrêter un rayonnement alpha, il faut un important blindage de plomb ou de béton pour bloquer un rayonnement gamma.

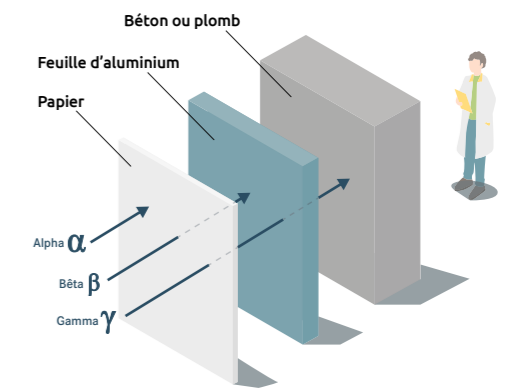
Ce phénomène appelé « radioactivité » est présent naturellement autour de nous : il est issu de la terre, du cosmos, ou présent dans les aliments. Après l'identification et la compréhension du phénomène, les scientifiques et les ingénieurs en ont développé des usages médicaux et industriels (pour produire de l'électricité, par exemple) : c'est la radioactivité artificielle.

4,5 mSv : c'est la dose moyenne reçue par une personne en France (dont 3,0 mSv d'origine naturelle et 1,5 mSv d'origine artificielle)<sup>(1)</sup>. L'exposition varie en fonction des habitudes de vie, du lieu d'habitation ou de la fréquence des examens médicaux. Cela conduit à une dose annuelle très différente d'une personne à l'autre.

Estimez votre exposition sur le site de l'IRSN : [expop.irsn.fr](http://expop.irsn.fr)

(1) Résultats obtenus sur la base de l'ancien coefficient de dose radon (arrêté 2003).

**Protection contre les différents types de rayonnement :**



## Les unités de mesure de la radioactivité

**Trois unités sont fréquemment utilisées pour mesurer la radioactivité et son impact sur la matière vivante : le becquerel, le gray et le sievert. À quoi correspondent-elles ?**

### L'activité d'une source

Le becquerel (Bq) mesure l'activité de la source radioactive, c'est-à-dire le nombre de noyaux d'atomes qui se désintègrent par seconde et émettent un rayonnement. Cette mesure s'applique aussi bien à un volume qu'à une masse ou à une surface. Anciennement, l'unité de mesure utilisée était le curie (Ci).

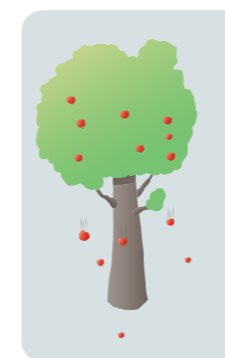
### La dose absorbée

Le gray (Gy) mesure la dose absorbée par la matière exposée aux rayonnements. On peut la mesurer en fonction du temps d'exposition (Gy/s ou Gy/h). Anciennement, l'unité de mesure utilisée était la radiation absorbed dose (rad).

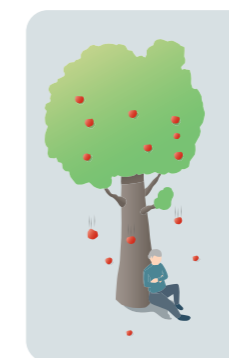
### Les effets d'une dose

Le sievert (Sv) évalue l'impact du rayonnement sur la matière vivante. Cette unité permet de pondérer les effets des rayonnements (alpha, bêta, gamma) selon leur dangerosité pour le corps humain (on parle de « dose équivalente »), et selon la nature du tissu ou de l'organe exposé (on parle de « dose efficace »). Cet impact s'exprime généralement en sievert ou en millisievert (1 Sv = 1 000 mSv). Anciennement, l'unité de mesure utilisée était le röntgen equivalent man (rem).

**Lorsque l'on compare un pommier à une source radioactive...**



Le nombre de pommes qui tombent peut se comparer au **becquerel** (nombre de désintégrations par seconde).



Le nombre de pommes reçues par le dormeur peut se comparer au **gray** (dose absorbée).



L'effet laissé sur le corps selon le poids ou la taille des pommes peut se comparer au **sievert** (effet produit).

# Radioactivité : quelle exposition pour quels effets ?

Quel est l'impact de la radioactivité sur la santé ? Comment sont déterminées les doses à ne pas dépasser ? On fait le point.

Il existe deux types principaux d'expositions aux rayonnements ionisants. On parle d'irradiation lorsqu'on est exposé aux rayons émis par une source extérieure. Dans ce cas, l'exposition cesse dès le retrait de la source d'exposition. On parle de contamination interne lorsque des particules radioactives pénètrent l'organisme par inhalation, ingestion, au travers de la peau ou éventuellement par une blessure. Dans ce cas, l'exposition se poursuit tant que la source n'est pas éliminée du corps.

### Déterministes ou stochastiques ?

Deux types d'effets sont à distinguer : les effets dits « déterministes » et ceux dits « stochastiques ».

Les premiers sont des effets à court terme (heures, jours, semaines) se manifestant essentiellement sous forme de syndrome aigu d'irradiation, pour les expositions du corps entier à forte dose, ou sous forme de « brûlure radiologique », pour des expositions localisées, également à forte dose. Au-delà du seuil d'apparition de ces effets, la gravité augmente en fonction de la dose reçue.

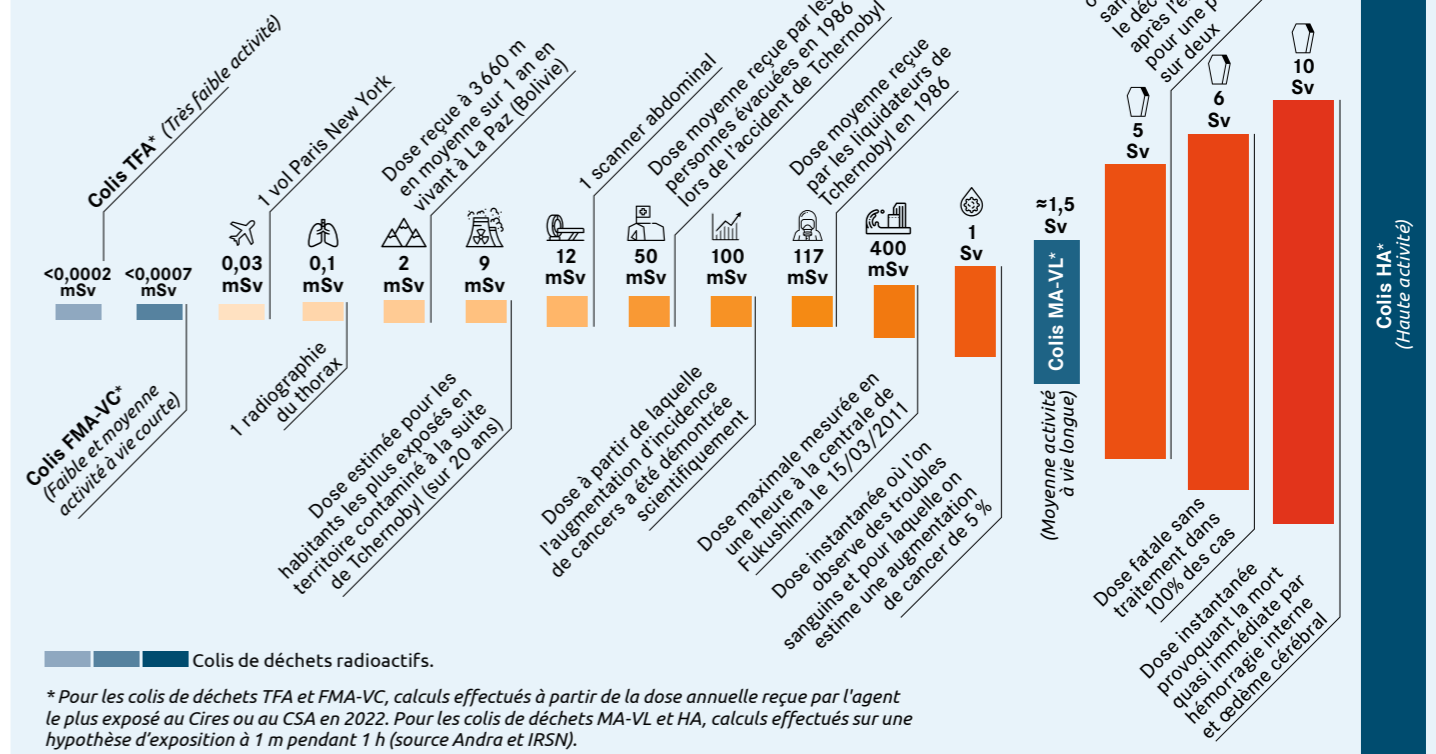
Les effets stochastiques, quant à eux, sont des effets à long terme, essentiellement sous forme de cancer, qui peuvent être observés de manière aléatoire à partir de doses faibles. Leur probabilité d'apparition augmente avec la dose. L'appréciation du risque reste cependant difficile : les cancers radio-induits surviennent longtemps après l'exposition et ne présentent pas de caractéristiques particulières permettant de les distinguer de cancers liés à d'autres causes (tabac, alcool, alimentation, etc.).

En 2012, dans son rapport à l'assemblée générale des Nations unies<sup>2</sup>, l'*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)* établit schématiquement une échelle de doses pour une exposition du corps entier. Un premier palier est défini à 100 mSv. En effet, au-delà, les études épidémiologiques historiques ont observé statistiquement un excès de risque de cancer. On parle donc de faible dose au-dessous de 100 mSv et de dose modérée au-delà. On entre dans le domaine des fortes doses à partir de 1 000 mSv environ et l'apparition d'effets directs sur la santé (effets déterministes).

### Pas de risque zéro

« Les effets sur la santé humaine d'une exposition à des doses inférieures à 100 mSv font toujours l'objet de débats, tant sur l'existence d'un seuil en deçà duquel on pourrait considérer qu'il n'y a pas d'effet sur la santé que sur la forme de la relation entre la dose reçue et la probabilité de développer un cancer. Les épidémiologistes et biologistes cherchent à réduire les incertitudes relatives à la relation entre l'exposition à des faibles doses et le risque de cancer », indique Yann Billarand, adjoint au directeur de la Santé de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Pour cela, ils suivent des cohortes de plus en plus importantes. Les résultats récents, montrant que le risque de développer un cancer est augmenté à partir d'une exposition de quelques dizaines de mSv, pourraient amener à considérer une révision de la classification des doses par l'UNSCEAR. De plus, ces résultats ne permettent pas de conclure qu'il existe un seuil de dose en dessous duquel il n'y aurait pas de risque de cancer lié aux rayonnements ionisants.

## L'exposition aux rayonnements ionisants : du quotidien aux situations accidentelles (Échelle non représentative)



L'épidémiologie conforte ainsi le modèle mathématique dit « modèle linéaire sans seuil »<sup>3</sup>, sur lequel s'appuie la gestion du risque, même s'il est reconnu aujourd'hui que tous les mécanismes biologiques impliqués lors de la formation d'un cancer ne réagissent pas

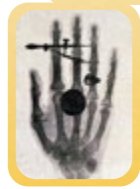
tous de la même manière selon les doses reçues. Dans ce modèle, l'excès de risque de développer un cancer augmente proportionnellement à la dose de rayons ionisants reçue : à dose élevée, le risque est plus élevé qu'à dose faible. En considérant qu'il n'existe

pas de risque nul, même à très faible dose, le modèle permet de fixer des limites d'exposition correspondant à un niveau de risque jugé tolérable.

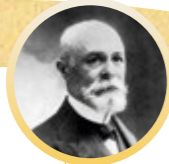
(1) Appelés désormais « réactions tissulaires ».  
 (2) <https://vu.fr/quyJ>  
 (3) <https://vu.fr/sySvP>

## Les dates clés de la radioprotection

**1895** Découverte par Wilhelm Röntgen des rayons X et de la radiographie, rapidement adoptés par les médecins et les dentistes. Ces derniers décrivent leurs premières constatations sur les dommages causés par les rayons sur la peau des mains.



**1896** Henri Becquerel découvre les « rayons uraniques » émis spontanément par les sels d'uranium. L'Américain Wolfram Fuchs propose les premiers conseils de radioprotection reposant sur le principe temps-distance-écran.



**1898** Pierre et Marie Curie découvrent le radium et le polonium et nomment « radioactivité » l'émission de leurs rayonnements particuliers.



**1904** Premier décès attribué aux rayonnements ionisants : Clarence Dally, un assistant de Thomas Edison.

**1899** Ernest Rutherford met en évidence l'existence de deux types de rayonnements radioactifs avec des pouvoirs de pénétration différents, qu'il baptise alpha et bêta. L'année suivante, Paul Vilard y ajoute un troisième type, baptisé gamma.



**1928** Mise au point du compteur Geiger-Müller qui permet de mesurer les rayonnements radioactifs, et création du Comité international de protection contre les rayons X et le radium. Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, la protection radiologique concerne uniquement le personnel médical et est fondée sur l'existence de seuil d'effets.

**1911** Un lien est établi entre la pratique de la radiothérapie et le développement de la leucémie.



**1950** Recommandation d'une « dose maximale admissible » fixée à 0,5 rem par semaine (250 mSv/an). Le Comité international de protection contre les rayons X et le radium se rebaptise Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Les principes de la radioprotection s'étendent à l'ensemble du public et plus seulement aux travailleurs du secteur avec le développement du nucléaire civil.



**1934** Recommandation d'une « dose tolérable » fixée à 0,2 rem par jour, ce qui équivaut à environ 700 millisievert (mSv) par an.

# Radioprotection : se protéger des radiations

La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) définit les grands principes de gestion du risque d'exposition aux rayonnements ionisants et émet des recommandations qui sont reprises par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission européenne afin de définir les normes de base de la radioprotection. La CIPR est ainsi à l'origine de la plupart des normes et des réglementations de radioprotection. Entretien avec deux de ses membres.

La radioprotection telle que définie par la CIPR s'appuie sur trois grands principes : la justification, l'optimisation et la limitation de dose, que l'on retrouve dans les réglementations de tous les pays.

« Pour toute nouvelle source de radioactivité qui pourrait générer une exposition, qu'il s'agisse de la construction d'un centre de stockage de déchets radioactifs ou du diagnostic médical d'un patient, la justification consiste à vérifier que la présence ou l'utilisation des rayonnements apporte plus d'avantages que d'inconvénients », résume Thierry Schneider, président du comité permanent sur l'application du système de la CIPR. Un exercice parfois complexe, lorsqu'il s'agit par exemple de comparer des bénéfices sociétaux ou économiques et un risque inhérent à une exposition, même à des doses très faibles.

L'optimisation consiste quant à elle à réduire l'exposition au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre en fonction des objectifs poursuivis (principe ALARA), en prenant en considération les aspects économiques, sociétaux

**DANGER CONTRE RISQUE**

**Un danger est une source potentielle de préjudice. Un risque est la probabilité que survienne un danger qui entraîne un préjudice.**

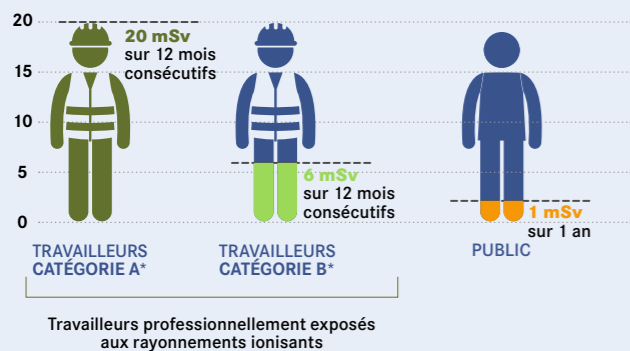
La foudre constitue un danger

Rester debout sous un arbre lors d'un orage constitue un risque

et environnementaux. Pour cela, on peut agir sur l'intensité de la source du rayonnement, sur la fréquence ou la durée des expositions, ou encore sur des dispositifs de protection individuels ou collectifs. Enfin, le dernier principe concerne

la limitation de dose. « Il s'agit de contenir le niveau des expositions aux rayonnements ionisants en fixant des critères de dose pour les travailleurs, pour le public, mais aussi pour la faune et la flore », explique Dominique Laurier, président du comité permanent de la CIPR sur les effets des rayonnements ionisants sur la santé de l'homme et de l'environnement. En France, les recommandations de la CIPR ont notamment été inscrites dans le Code du travail, qui fixe une limite de dose annuelle réglementaire de 20 mSv pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, et dans le Code de la santé publique qui préconise une limite annuelle d'exposition pour la population de 1 mSv, en dehors des expositions médicales et naturelles. « En réalité, cette valeur de 1 mSv est destinée à limiter l'exposition aux rayonnements ionisants

## LIMITE DE DOSES RÉGLEMENTAIRES PAR CATÉGORIE DE PERSONNES (hors radioactivité naturelle et médecine)



\* Catégories définies selon l'évaluation préalable de l'exposition par l'employeur, conformément aux dispositions du Code du travail.



Opérateur équipé sur un chantier d'assainissement.

qui pourrait affecter le public, par exemple autour d'installations nucléaires. La radioactivité naturelle représente en moyenne, en France, une dose de 3 mSv/an. Il ne faut pas considérer ce 1 mSv comme une limite de risque mais comme une valeur de gestion de l'exposition dans des situations particulières », précise Dominique Laurier.

### Des enjeux sociétaux

Plus les doses sont faibles, plus les risques sont faibles. « Pour autant, nous ne pouvons pas dire qu'un risque est nul ou même acceptable pour tel niveau de dose,

même très bas. Nous sommes en train de réviser nos recommandations de 2007<sup>(1)</sup> pour tenir compte de l'évolution des connaissances scientifiques, mais aussi des exigences de la société. Les principes de justification et d'optimisation intègrent des dimensions sociétales, éthiques, à mettre en regard des considérations techniques ou économiques. L'acceptabilité d'un risque ne dépend pas que d'une valeur radiologique », détaillent les deux experts, soulignant la nécessité d'associer largement les parties prenantes à la radioprotection.

(1) La révision en cours fait l'objet d'un article scientifique : <https://vu.fr/Sbruz>

## Dans les coulisses des centres industriels de l'Andra



Contrôle radiologique de déchets TFA.

En tant qu'exploitant nucléaire en charge d'installations de stockage de déchets radioactifs, l'Andra a la responsabilité de protéger aussi bien les riverains, le public que les travailleurs. Comment cela se traduit-il sur le terrain ? Zoom sur les centres de l'Aube.

Retrouvez le portrait de Fabien Briand, technicien en radioprotection : <https://vu.fr/ePedS>

Le conditionnement et le stockage des colis de déchets radioactifs peuvent générer des risques liés aux rayonnements ionisants. Ces activités sont ainsi fortement encadrées par des exigences réglementaires. « Une partie importante de notre travail consiste à nous tenir constamment informés des évolutions de la réglementation, confie ainsi Philippe Valentin, ingénieur en radioprotection de l'Andra dans

l'Aube. Deux pôles de compétences en radioprotection sont constitués, un en lien avec les travailleurs et les installations qui relève globalement des dispositions du Code du travail, tandis que le second concerne l'environnement et la population et relève globalement du Code de la santé publique. » Cette organisation, dont les modalités sont prévues par arrêté, est spécifique aux installations

nucléaires de base (INB), comme le Centre de stockage de l'Aube (CSA). Dans les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), telles que le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), cette même fonction est assurée par des conseillers en radioprotection. Dans les deux cas, leurs missions sont les mêmes. Au titre de la





Contrôle radiologique pieds-mains en sortie de zone au Centre de stockage de la Manche.

protection des travailleurs et des installations, il s'agit notamment du conseil pour l'aménagement des lieux de travail et le suivi de l'exposition des travailleurs, de la définition des zones délimitées et de leurs conditions d'accès, ainsi que l'évaluation des risques, la mise en œuvre de mesures de prévention et de protection et l'analyse d'événements significatifs. Pour ce qui a trait à l'environnement et à la population générale, les équipes de l'Andra participent à la définition du programme de surveillance radiologique de l'environnement, aux modalités de gestion des déchets radioactifs, ou encore à la réception et au contrôle des sources de rayonnement.

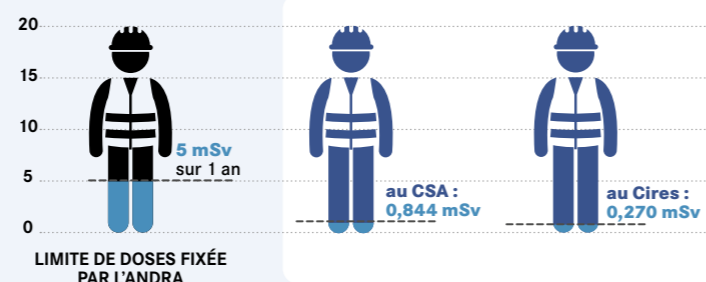
### Des risques concrets et maîtrisés

À regarder les chiffres [voir encadré], les mesures de prévention sont efficaces : dans les centres de l'Andra dans l'Aube et dans la Manche, les travailleurs les plus exposés aux rayonnements ionisants présentent une dose équivalente annuelle maîtrisée et faible, bien en dessous des limites imposées par la réglementation. Les expositions externe et surtout interne font en effet l'objet d'une attention particulière.

« En ce qui concerne les risques d'exposition externe, sa maîtrise repose sur le principe "temps, distance, écrans", raconte Philippe Valentin. D'une part à l'aide de protections collectives intégrées en conception dans nos installations (verre au plomb des cabines des ponts de stockage, blindage d'équipements, spécifications des colis, etc.) et, d'autre part, via nos méthodes de travail. En ce qui concerne l'exposition interne, ce risque n'est présent que dans certaines situations, lorsque le déchet n'est plus confiné dans son colis (compactage des fûts 200 litres, carottage de colis, etc.). La protection collective repose par ailleurs sur un confinement statique (murs) en lien avec un confinement

dynamique (ventilation). Des équipements de protection individuelle sont également associés. Cela va de la combinaison en coton au scaphandre complet, associé à un appareil de protection des voies respiratoires. » Enfin, le personnel de l'Andra n'est pas le seul concerné par ces mesures de prévention. « Même si, d'un point de vue réglementaire, la radioprotection de nos sous-traitants et prestataires relève de la responsabilité de leurs employeurs, en tant qu'exploitants nous les assistons en évaluant les risques avec eux et nous élaborons ensemble un plan de prévention avant le démarrage de toute prestation », détaille l'expert de l'Andra.

### DOSE ANNUELLE DU TRAVAILLEUR\* LE PLUS EXPOSÉ (EN 2023)



\* Salariés de l'Andra et prestataires.

## Bientôt un indicateur de la nocivité des déchets radioactifs ?

**Avec l'IRSN et les producteurs de déchets radioactifs, l'Andra travaille à l'élaboration d'un indicateur de la nocivité à intégrer à l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs. Pour s'assurer qu'il réponde bien aux questions du grand public, un groupe pluraliste sera associé à sa conception.**

À l'origine de cet exercice, un avis de l'Autorité environnementale estimait que les informations fournies par le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) ne permettaient pas à un lecteur non averti d'apprécier la nocivité de chaque matière et déchet ainsi que son évolution à court, moyen et long terme. Un arrêté<sup>(1)</sup> a donc demandé à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) de produire « un rapport sur la méthodologie et les critères envisageables pour apprécier la nocivité des matières et déchets radioactifs ». En parallèle, l'Andra a également lancé sa propre réflexion sur le sujet, en collaboration avec le Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire (CEPN).

« Il s'agit d'un exercice complexe, car la nocivité d'une substance radioactive s'apprécie selon de multiples paramètres : la nature de l'exposition, sa durée, le niveau de décroissance de l'élément radioactif ou encore son conditionnement, explique Mélanie Maître, ingénieure en charge du développement de l'indicateur de la nocivité. Il faut tenter d'informer sur ces différentes composantes, ainsi que sur les risques chimiques et l'exposition de la faune et de la flore sauvages, dans un indicateur unique facile et compréhensible par tout un chacun. »

### Une nouvelle approche

Après les premiers échanges sur la méthodologie à mettre en place, le PNGMDR 2022-2026 a demandé aux contributeurs de poursuivre le travail, cette fois sous le pilotage de l'Andra. En mars 2024, un premier pas a été franchi : « Avec l'IRSN et les

représentants des producteurs de déchets radioactifs, nous sommes parvenus à nous mettre d'accord sur l'unité à considérer (un colis de déchets radioactifs et non un déchet seul sans conditionnement) ainsi que sur les situations d'exposition à évaluer pour refléter aussi bien les enjeux chimiques, radiologiques et écotoxicologiques. Cela permet de comparer la nocivité des colis de déchets, et ce à différentes échelles de temps : au moment de sa fabrication, à 500 ans, 1 000 ans, 10 000 ans et 100 000 ans », résume Mélanie Maître.

À partir de ces propositions, un groupe de travail pluraliste constitué par la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) doit déterminer l'indicateur de nocivité qui sera le plus adapté pour informer le grand public. L'objectif étant de l'intégrer dans la prochaine édition de l'Inventaire national.

(1) <https://vu.fr/Edqas>



Inventaire national des matières et déchets radioactifs.



Contrôle radiologique d'un colis de déchets radioactifs.

\_\_\_\_ PORTRAIT \_\_\_\_

## Philippe Callewaert, rencontre avec un éternel curieux

« **Choisis un métier que tu aimes et tu n'auras pas à travailler un seul jour de ta vie** », disait Confucius. Philippe Callewaert, électrotechnicien aux centres industriels de l'Andra dans l'Aube, a suivi ce précepte à la lettre, et cela lui a réussi ! Après 47 ans de carrière, son enthousiasme est intact.



Philippe Callewaert

« Résumer mon parcours en une page va être difficile : j'ai quarante-sept ans de carrière et j'adore mon métier ! » prévient Philippe Callewaert avec un sourire. À 65 ans, il aurait déjà pu prendre sa retraite depuis longtemps, mais il a repoussé l'échéance, avec la complaisance de son épouse, Nathalie. Il ne s'est résolu à le faire qu'en 2025. « À un moment, il faut bien s'arrêter. Mais je suis passionné par ce métier qui m'a permis d'apprendre chaque jour quelque chose. J'ai un seul regret : ne pas être là quand le projet Cigéo démarrera. » L'électricité l'a toujours intéressé. « J'ai commencé lorsque j'étais enfant avec le coffret du "petit électricien" », se souvient-il. En 1976, il termine ses études au lycée technique des Lombards de Troyes. « C'était l'époque du plein emploi. Les employeurs venaient repérer les candidats lors des oraux finaux. L'un d'eux, de l'agence Cegelec, m'a remarqué et m'a proposé de rejoindre son entreprise en tant qu'électrotechnicien. » Commence alors sa carrière. « Je suis progressivement monté en grade, d'abord comme chef d'équipe, puis comme conducteur de travaux. »

### De prestataire à salarié de l'Andra

En 1989, il est détaché par son entreprise en tant que prestataire pour la construction du Centre de stockage de l'Aube (CSA). Vingt ans plus tard, on lui propose de passer de l'autre côté du miroir en devenant salarié de l'Andra. « La transition s'est bien déroulée, car je suis à la fois rigoureux et pédagogue », estime-t-il. Aujourd'hui responsable électrotechnique des centres industriels de l'Andra dans l'Aube, Philippe Callewaert est chargé de s'assurer du bon fonctionnement et de l'adéquation de toutes les installations électriques des sites. « Ce métier est d'autant plus intéressant qu'il conduit à une grande diversité de projets et me

permet d'entrer en contact avec tous les métiers de l'Andra, souligne-t-il. J'interviens à chaque fois que l'on construit un nouveau bâtiment : je m'occupe aussi bien de la mise en place des bornes électriques pour les véhicules que des capteurs sismiques. L'électricité est partout ! » Il est notamment à l'origine d'un projet majeur qui va durer quatre ans : le remplacement de l'ensemble des installations électriques du CSA, conçues au début des années 1990. En quarante-sept ans, Philippe Callewaert n'a jamais eu le temps de s'ennuyer. « C'est un domaine qui n'a pas arrêté de progresser. Aujourd'hui, je suis de près tout ce qui a trait à l'hydrogène, par exemple. » On devine qu'à la retraite il continuera à suivre les innovations du secteur. « Je n'ai aucune inquiétude concernant l'après-Andra, car j'ai mille sources d'intérêt que je partage avec mon épouse : ma famille, mon potager, le cinéma, la voiture, la musique, les vieilles pierres... Et qui sait si je n'irai pas donner des cours ? »

“  
Je suis passionné par ce métier qui m'a permis d'apprendre chaque jour quelque chose. J'ai un seul regret : ne pas être là quand le projet Cigéo démarrera. »



Pour découvrir le portrait de Philippe en vidéo : <https://vu.fr/lzYOZ>



“  
Le Comité éthique et société, un espace où l'on peut débattre de sujets complexes de manière libre et dévouée. »



## Entretien avec Dominique Le Guludec, nouvelle présidente du Comité éthique et société

Depuis décembre 2023, Dominique Le Guludec est la nouvelle présidente du Comité éthique et société (CES). Elle revient sur son parcours, ses ambitions et les prochains chantiers qui attendent le Comité.

### Pourquoi avoir accepté la présidence du Comité éthique et société ?

J'ai accepté cette mission par désir de mettre mes compétences et mon expérience au service d'une instance qui porte sur des enjeux éthiques. C'est l'un des derniers espaces où l'on peut débattre de sujets complexes de manière libre et dévouée. J'ai également accepté par curiosité. Animer les échanges d'une quinzaine de personnalités remarquables, expertes dans des domaines aussi divers que le droit, l'économie, l'information, la philosophie, la physique ou la chimie, ne peut que m'enrichir !

### Vous êtes cardiologue, spécialiste en médecine nucléaire, et vous vous intéressez de longue date aux enjeux de la radioprotection. Cela oriente-t-il votre approche ?

Il est vrai que j'ai acquis certaines compétences en présidant le conseil

d'administration de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, puis la Haute Autorité de santé. Avoir approché de près les questions de dosimétrie et de radioprotection m'épargnera en partie un lourd travail de mise à niveau technique. Cela dit, j'ai commencé par visiter les centres de l'Andra, car je ne peux en effet réfléchir que sur du concret, seul garde-fou contre les fantasmes et les peurs. Descendre dans le Laboratoire souterrain m'a fait toucher du doigt l'échelle exceptionnelle du projet Cigéo, et j'en suis ressortie avec de nombreuses questions sur lesquelles nous allons maintenant travailler.

### Quels sont vos premiers objectifs ?

Nous allons d'abord participer à la concertation sur les objectifs et les critères de réussite de la phase industrielle pilote de Cigéo. Nous allons ensuite suivre de près le développement du projet de stockage des

### La mission du CES

Rattaché au conseil d'administration de l'Andra, le Comité éthique et société regroupe des personnalités qualifiées indépendantes aux expertises plurielles. À travers ses avis et recommandations publics, le CES a pour mission d'éclairer, d'évaluer et de faire progresser l'Agence sur :

- la prise en compte effective des enjeux éthiques, citoyens et sociétaux dans ses activités et ses projets ;
- le dialogue et l'implication de ses parties prenantes et intéressées ;
- l'orientation de ses recherches dans le champ des sciences sociales.

déchets de faible activité à vie longue (FA-VL), sur lequel nous venons de rendre un avis. Enfin, nous avons décidé de nous saisir des trois questions éthiques identifiées dans le cinquième Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) : l'attention portée aux générations futures, l'approche du risque et la confiance dans l'expertise scientifique, en lien avec la décision publique. ●



Voir en vidéo : <https://vu.fr/LiYNa>



# Relance du nucléaire : quels impacts sur la gestion des déchets radioactifs ?

**Le plan de relance du nucléaire français prévoit la construction de six réacteurs de type EPR2 dont les deux premiers, s'ils sont autorisés, pourraient être mis en service à partir de 2035. Quelles conséquences sur le volume des déchets radioactifs qui seraient produits ?**

La décision de lancer les six premiers réacteurs en projet de type EPR2 s'est accompagnée en amont d'un rapport<sup>(1)</sup> du gouvernement évoquant notamment les conséquences sur la gestion des déchets radioactifs. Ce dernier souligne que les déchets générés par ces réacteurs ont des caractéristiques similaires à ceux déjà produits par le parc de centrales nucléaires actuellement en fonctionnement en France. Il s'agit en effet majoritairement de déchets de très faible activité (TFA) et de faible et moyenne activité, principalement à vie courte

(FMA-VC), produits notamment lors d'opérations de maintenance ou lors de leur exploitation courante, mais également de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de haute activité (HA) issus du retraitement des combustibles usés. La prise en charge par l'Andra de ces déchets radioactifs vers les filières de stockage adaptées s'accompagne d'une analyse technique et d'un processus démocratique et réglementaire. ●

(1) [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18\\_Rapport\\_nucleaire.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf)



## LA PRISE EN CHARGE DES DÉCHETS PRODUITS PAR SIX RÉACTEURS EPR2



Stockage de déchets TFA au Cires.

### DÉCHETS TFA

Depuis 2003, c'est au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) que sont pris en charge par l'Andra les déchets TFA.

- **Capacité de stockage autorisée du Cires** : 650 000 m<sup>3</sup>
- **Taux de remplissage à fin 2023** : 72,2 %. Selon les estimations actuelles, uniquement basées sur les volumes produits par les installations nucléaires déjà autorisées, le Cires devrait atteindre sa capacité maximale autorisée vers 2030. Le projet Acaci pourrait permettre de prendre en charge 300 000 m<sup>3</sup> de déchets supplémentaires et d'exploiter le Cires jusqu'à l'horizon 2045
- **Évaluation du volume supplémentaire de déchets TFA produits par six réacteurs EPR2** : 120 000 m<sup>3</sup>

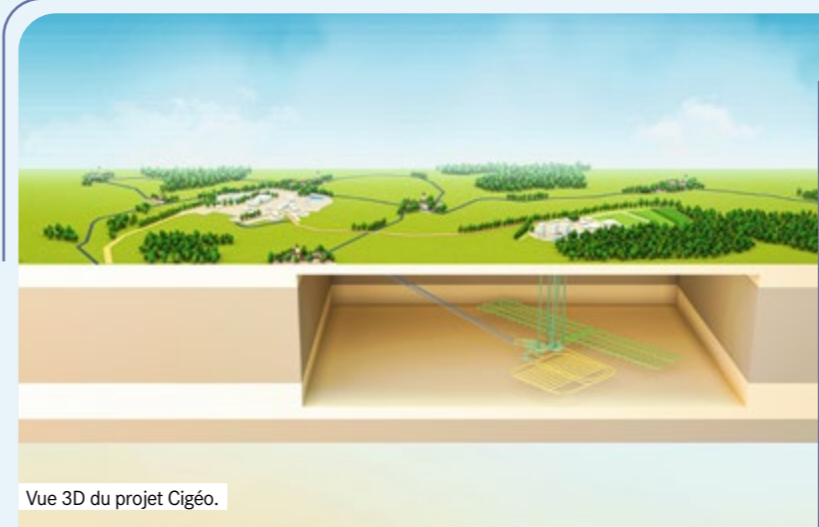
### DÉCHETS FMA-VC

Depuis 1992, c'est au Centre de stockage de l'Aube (CSA) que sont pris en charge par l'Andra les déchets FMA-VC.

- **Capacité de stockage autorisée du CSA** : 1 000 000 m<sup>3</sup>
- **Taux de remplissage à fin 2023** : 37,9 %. Selon les estimations actuelles, uniquement basées sur les volumes produits par les installations nucléaires déjà autorisées, le CSA devrait atteindre sa capacité maximale autorisée à l'horizon 2060
- **Évaluation du volume supplémentaire de déchets FMA-VC produits par six réacteurs EPR2** : 98 400 m<sup>3</sup>



Stockage de déchets FMA-VC au CSA.



Vue 3D du projet Cigéo.

### DÉCHETS MA-VL ET HA

Si le projet de Centre de stockage géologique, Cigéo, est autorisé, il pourra prendre en charge les déchets MA-VL (à l'horizon 2040) et HA (à l'horizon 2080).

Par ailleurs, si la création des six nouveaux réacteurs est autorisée, des études complémentaires devront être menées pour conforter l'évaluation préliminaire de l'Andra. Leur prise en charge par Cigéo nécessitera également de respecter les processus réglementaires et démocratiques préalables à l'autorisation de stockage.

- **Inventaire de référence de Cigéo** : 73 000 m<sup>3</sup> de déchets MA-VL et 10 000 m<sup>3</sup> de déchets HA
- **Évaluation du volume supplémentaire de déchets MA-VL et HA produits par six réacteurs EPR2** : les volumes varient sensiblement de quelques milliers de m<sup>3</sup> selon la stratégie de retraitement des combustibles nucléaires usés (arrêt du retraitement, stratégie de mono ou de multi-recyclage) : pour les déchets MA-VL, les volumes varient entre 2 574 m<sup>3</sup> et 3 951 m<sup>3</sup> ; pour les déchets HA, les volumes varient entre 0 m<sup>3</sup> et 1 872 m<sup>3</sup>

## QUID DES PROJETS DE PETITS RÉACTEURS NUCLÉAIRES INNOVANTS ?

L'exploitation et le démantèlement des réacteurs nucléaires modulaires de petites tailles, dits SMR (*Small Modular Reactors*) ou AMR (*Advanced Modular Reactors*) en projet, produiront des déchets radioactifs. L'Andra regarde ce sujet de près, afin notamment d'accompagner les porteurs de projet qui doivent

fournir les données nécessaires pour permettre l'identification des filières de gestion des déchets produits par ces installations (caractéristiques, volume des déchets). Les échanges permettront aux futurs producteurs de déchets de mettre en place la caractérisation de leurs déchets.

# Terres « Bayard », l'heure du dernier voyage

Après un siècle de succès, l'aventure des Réveils Bayard s'est arrêtée en 1988, laissant derrière elle un site contaminé. Des terres très faiblement radioactives provenant de cette friche industrielle sont aujourd'hui prises en charge sur l'un des centres de stockage de l'Andra dans l'Aube.

Revenons un siècle en arrière... Comme la plupart de ses concurrents à l'époque, la société Réveils Bayard a pris sa part à la folle histoire du radium. Découvert en 1898 par Marie et Pierre Curie, ce métal n'a pas seulement la propriété d'être radioactif : associé à certains matériaux, il devient luminescent<sup>(1)</sup>. L'industrie horlogère se saisit de cette propriété et commence à utiliser de la peinture au radium sur les chiffres et les aiguilles des montres, des réveils et des pendules. Entrevoyant le potentiel de cette technologie, la société Réveils Bayard lance ses réveils en 1907. Dans les années 1930, elle obtient même d'un jeune réalisateur nommé Walt Disney le droit d'utiliser ses personnages pour créer des réveils animés. Plusieurs générations grandiront ainsi avec un Mickey Mouse, une Blanche Neige ou un Pluto « Bayard » sur leur table de nuit. Au pic de son activité, dans les années 1950 et 1960, la société emploie un millier de personnes. Son site de Saint-Nicolas-d'Aliermont (Seine-Maritime) s'étend sur près

de 4 ha. À la fin des années 1970, l'arrivée du quartz et de la concurrence asiatique enclenche son déclin. Malgré l'engagement de plusieurs repreneurs, l'aventure prend fin.

## 1 500 tonnes de terres contaminées

À cette époque, l'utilisation du radium dans les produits de consommation courante et médicaux (pour ses vertus réputées curatives) est déjà terminée depuis deux décennies. La communauté scientifique prend progressivement conscience de sa dangerosité, et son usage se voit ensuite largement proscrit. Le radium disparaît des cadrans en 1962, remplacé par un autre radionucléide, le tritium. Ce dernier cède enfin la place au luminova, ni radioactif ni dangereux, en 1997.

Après sa fermeture en 1988, le site de fabrication des Réveils Bayard de Saint-Nicolas-d'Aliermont conserve les stigmates de son activité passée, notamment des terres contaminées. « L'Andra avait supervisé les premières opérations d'assainissement dans les années 1990, explique Jean-Baptiste Rioual, chargé d'affaires au service "Solutions pour les producteurs non électronucléaires". Mais, dans l'attente d'une filière pérenne de prise en charge de ces déchets radioactifs, la décision avait été prise de confier les 1 500 tonnes de terres excavées au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), à Cadarache (Bouches-du-Rhône), pour un entreposage provisoire. Les déchets radioactifs, majoritairement de très faible activité (TFA), ont été conditionnés dans 71 conteneurs. »



Ouvrières au travail à l'usine Bayard.

## Le scandale des « radium girls »

Grâce à la protection opérée par la vitre du réveil ou de la montre, et du fait de leur très faible quantité, le radium ou le tritium ne présentent pas de risque pour leur détenteur (tant que la vitre reste intacte). Toutefois, leur utilisation par l'industrie horlogère est au cœur d'un des plus importants scandales sanitaires du début du <sup>xx</sup>e siècle, aux États-Unis : celui des « radium girls ». Surnommées ainsi car il s'agissait majoritairement de femmes, elles avaient conservé cette habitude des peintres d'affiner à la bouche la pointe de leur pinceau. Leurs anémies, nécroses de la mâchoire et cancers finirent par être reconnus comme maladies professionnelles à la fin des années 1920. À l'époque, le scandale des « radium girls » a eu un fort écho en Europe et a entraîné enfin d'indispensables précautions.

## Un chantier de longue haleine

Après un quart de siècle, les conteneurs, entreposés sous des hangars métalliques, commencent à rouiller. Toutefois, le Cires était désormais prêt à les prendre en charge, moyennant un reconditionnement. Un chantier pilote a donc été lancé sur 17 conteneurs de déchets TFA en 2020. Retardé par la découverte d'amiante dans les terres, le chantier a finalement permis à 17 conteneurs de déchets TFA d'être reconditionnés en 300 colis de déchets TFA et 1 colis de déchets de faible activité à vie longue (FA-VL). Les premiers ont été livrés au Cires en 2023 pour y être stockés définitivement. Quant au colis FA-VL, il a été entreposé temporairement dans une installation prévue à cet effet au Cires, sous surveillance,

dans l'attente d'une solution de gestion adaptée pour cette catégorie de déchets radioactifs. « Il reste désormais à reconditionner les 54 conteneurs de terre restants, soit l'équivalent d'environ 900 colis TFA, avant leur expédition au Cires pour y être stockés », annonce Jean-Baptiste Rioual. Sur le site de Saint-Nicolas-d'Aliermont, l'histoire de la société Réveils Bayard s'est refermée avec la fin du chantier d'assainissement, il y a une dizaine d'années, et la déconstruction de l'ensemble des bâtiments de l'usine. Les lieux sont aujourd'hui entièrement réhabilités en espaces publics. ●

(1) C'est-à-dire qu'il émet de la lumière dans l'obscurité sans qu'il soit nécessaire de l'exposer à la lumière naturelle.



Terres excavées de l'usine Bayard entreposées en conteneurs à Cadarache.



## Que faire de vos objets au radium ?

Les objets radioactifs, tels que les réveils avec de la peinture au radium, 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. Leur particularité ? Ils brillent dans l'obscurité sans avoir été exposés à la lumière depuis au moins deux jours. Ils peuvent aussi être conditionnés dans du béton ou du plomb. L'Andra est chargée de les récupérer, le plus souvent gratuitement. Elle collecte ainsi chaque année une centaine d'objets radioactifs contenant notamment du radium.

Contact : 01 46 11 83 27 ou [collecte-dechets@andra.fr](mailto:collecte-dechets@andra.fr)



Cadrans et aiguilles de réveil peints au radium



Pour en savoir plus sur la collecte des objets radioactifs : <https://vu.fr/UHVva>



Chantier de dépollution de l'usine Bayard à Saint-Nicolas-d'Aliermont.

# Gestion des déchets radioactifs : l'Espagne affine ses choix

Le septième plan général des déchets radioactifs (PGRR<sup>(1)</sup>) publié en décembre 2023 par l'Espagne prévoit la poursuite du fonctionnement du centre de stockage en surface et avance vers la mise en œuvre d'un stockage géologique des déchets les plus radioactifs.



Vue aérienne de l'installation de stockage de déchets radioactifs d'El Cabril.

Ce plan intervient dans un contexte de sortie progressive de la filière électronucléaire : aujourd'hui, sept réacteurs demeurent en activité en Espagne dans les centrales d'Almaraz, Ascó, Cofrentes, Trillo et Vandellós. Leurs fermetures sont programmées entre 2027 et 2035 selon le nouveau PGRR. Leurs démantèlements s'ajouteront à ceux, en cours, de trois autres réacteurs déjà arrêtés.

## El Cabril, un stockage en surface de référence

Ces démantèlements produiront un volume important de déchets radioactifs qui seront stockés sur le centre de stockage en surface espagnol d'El Cabril (près de Cordoue). Ouverte en 1992, cette installation accueille les déchets de faible et moyenne activité (FMA) provenant des installations nucléaires du pays et d'autres activités industrielles, médicales ou de recherche. Elle dispose également d'une zone pour les déchets de très faible activité (TFA). Son activité se poursuivra jusqu'à la fin du démantèlement du parc nucléaire espagnol. Un espace de stockage supplémentaire sera toutefois nécessaire vers fin 2028 pour la gestion des déchets FMA.

## Vers le stockage géologique profond

La principale nouveauté de ce septième PGRR est la confirmation de l'abandon du projet de site d'entreposage temporaire centralisé pour les déchets de haute activité (HA) et les combustibles nucléaires usés<sup>(2)</sup>. Ils seront entreposés pendant plusieurs décennies sur leurs sites de production jusqu'à la mise en service d'une solution de gestion définitive : une installation de stockage géologique qui pourrait voir le jour vers les années 2070. Le PGRR établit une feuille de route détaillée pour le choix du site et la bonne information du public. Sur ce projet, l'Espagne peut s'appuyer sur les études sur le potentiel géologique du sous-sol ibérique, qui ont commencé en 1985 et révèlent la présence de formations potentiellement favorables. Plusieurs modèles conceptuels visant à démontrer la sûreté d'une solution de ce type ont déjà été développés et évalués. ●

(1) Plan general de residuos radiactivos. Ce document définit la stratégie et les actions à mettre en œuvre pour assurer une gestion sûre et adaptée des déchets radioactifs.

(2) Contrairement à la France, l'Espagne ne retire plus son combustible usé depuis 1983. Il est donc considéré comme un déchet radioactif en tant que tel.

## France-Espagne, une coopération active

Gestion opérationnelle des déchets, R&D, dialogue avec les communautés locales : la coopération entre l'Andra et l'Enresa, son homologue espagnol, ne s'est jamais interrompue depuis un premier accord en 1986. Début juin 2023, une délégation de l'Enresa était ainsi reçue au Centre de stockage de l'Aube (CSA) puis au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) pour travailler sur la thématique de la surveillance dans les ouvrages de stockage d'El Cabril.



Stockage des déchets de faible et moyenne activité à El Cabril.



Mesures d'infiltrométrie réalisées afin de déterminer les propriétés d'écoulement du sol.



Le projet Kri-Terres en vidéo : <https://vu.fr/yvuMG>



# Kri-Terres, un projet pour mieux évaluer la radioactivité des sols

Soutenu par le programme d'investissements d'avenir et accompagné par l'Andra, le projet Kri-Terres visait à faciliter le démantèlement d'installations nucléaires et l'assainissement des sites pollués en améliorant les capacités de diagnostic des sols contaminés par la radioactivité. Où en est-on ?

Réduire l'ampleur et le coût des campagnes de reconnaissance des sols contaminés par la radioactivité grâce à la modélisation tout en garantissant une caractérisation pertinente : c'était l'objectif du projet Kri-Terres (2017-2022), piloté par Mines ParisTech. Il associait pour cela les disciplines complémentaires de trois institutions scientifiques : la géostatistique d'Armines (Mines ParisTech); la modélisation et les simulations d'écoulement de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN); la caractérisation des propriétés des sols du laboratoire Géosciences Paris Sud (GEOPS).

## Une méthodologie innovante

Jusqu'à présent, les techniques (forages, cartographies aériennes, etc.) utilisées pour évaluer les concentrations d'éléments radioactifs dans un sol et délimiter une zone à décontaminer n'étaient pas toujours adaptées à tous les types de chantiers d'assainissement, notamment en raison du déplacement des éléments radioactifs selon la composition des terrains, du type de contaminations et des écoulements d'eau souterrains.

Le projet Kri-Terres proposait de mieux tenir compte de ces facteurs

en associant, d'une part, la modélisation physique de la migration de la radioactivité et, d'autre part, la géostatistique pour considérer la disponibilité des données de terrain (concentration en contaminants, paramètres du sol, etc.). L'Andra et l'IRSN ont ouvert leurs bases de données des sites déjà réhabilités ou en voie de l'être aux chercheurs de Kri-Terres pour leur permettre de tester la pertinence des modèles et outils spécifiquement développés dans le cadre du projet.

Clôturé en 2022, le projet Kri-Terres a ouvert de nouvelles perspectives en matière de caractérisation, de surveillance et de réhabilitation des sols et des

environnements contaminés. « Son application permettra de mieux estimer les volumes de terre à excaver, de réduire les incertitudes liées au sous-sol et de mener des campagnes d'échantillonnage plus efficaces », estime Jean-Charles Robinet, en charge du suivi du projet au sein de l'Agence. Par ailleurs, si le projet Kri-Terres était focalisé sur les contaminations d'origine radiologique au sein de formations superficielles, les approches proposées sont transposables à d'autres sources de contamination (contaminants radiologiques ou chimiques, pollution des sols et des nappes), voire à des applications en qualité de l'air, et à d'autres milieux. ●



\_\_\_ #ON VOUS RÉPOND \_\_\_

## Peut-on effectuer une alternance à l'Andra ?

Oui, tout à fait ! C'est d'ailleurs ce que font plusieurs dizaines de jeunes chaque année. Accueillis sur les centres de l'Aube ou les autres sites de l'Agence, ces alternants ont des profils variés. Qu'ils préparent un Bac+2 ou un Bac+5, ils ont tous en commun de partager leur temps durant un, deux ou trois ans entre leurs missions à l'Andra et leur centre de formation.

En associant ainsi théorie et pratique, l'alternance aide les jeunes à préparer activement leur entrée dans le monde du travail et à se créer un premier réseau professionnel. Consciente de l'intérêt de ce dispositif pour toutes les parties prenantes, l'Andra s'est engagée de longue date dans cette démarche et propose des opportunités dans différents métiers : électrotechnique, communication, environnement, sûreté, ingénierie, etc. Chaque alternant est encadré par un tuteur qui est volontaire pour cette mission et a été formé pour tenir ce rôle. Référent de l'alternant, il l'accompagne, le responsabilise et assure le lien avec le centre de formation. Si certains étudiants ont été recrutés à l'Andra après leur alternance, l'objectif premier



demeure de transmettre des compétences clés, qui pourront être exploitées dans leur futur cadre professionnel.

Si vous êtes intéressés, connectez-vous sur le site dédié (voir le QR code) et suivez le guide. Si aucune offre ne correspond à votre profil, n'hésitez pas à envoyer votre candidature spontanée !



Postulez sur talent-soft : <https://vu.fr/tKOuS>



\_\_\_ #ILS SONT VENUS NOUS VOIR \_\_\_

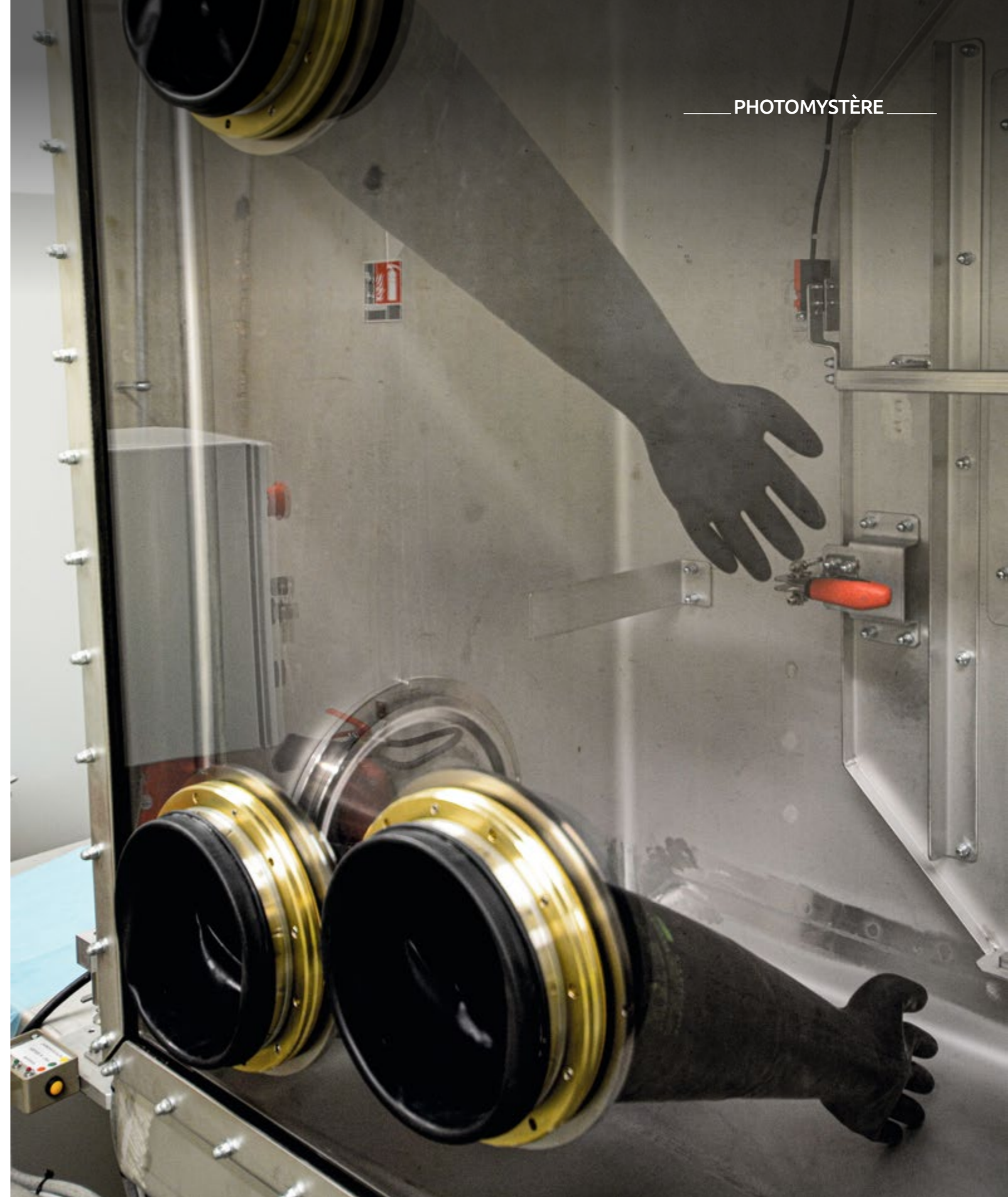


Étudiants du Master 2 PCGE (Pollutions chimiques et gestion environnementale) de l'université Paris-Saclay.

« L'objectif principal de cette visite était de nous permettre d'appliquer nos connaissances théoriques dans un contexte réel. En observant les infrastructures sophistiquées et les protocoles stricts mis en place dans ces centres de stockage, nous avons acquis une compréhension concrète des enjeux liés à la gestion des déchets radioactifs. De plus, cela nous a donné l'occasion d'interagir avec des professionnels du domaine, d'en apprendre davantage sur les dernières technologies et les meilleures pratiques de l'industrie, et d'appréhender les défis éthiques et environnementaux liés à la gestion des déchets radioactifs à long terme. »



Vous aussi, vous souhaitez mieux comprendre la gestion des déchets radioactifs ? Contactez le service communication au **03 25 92 33 04** ou par mail à [comm-centresaube@andra.fr](mailto:comm-centresaube@andra.fr)



PHOTOMYSTÈRE

À votre avis que représente cette image ?

Il s'agit d'une boîte à gants présente au Cires. Elle permet de faire des traitements sur certains déchets radioactifs issus d'activités non électronucléaire, en toute sécurité pour le personnel.



Plus d'infos en vidéo sur : <https://vu.fr/tpZsm> <https://vu.fr/olifv>





RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



## EXPOSITION



# DESSUS / DESSOUS

Plongez dans la maquette  
du projet CIGÉO

**TOUS LES WEEK-ENDS ET JOURS FÉRIÉS**

MAI > NOV.  
+ MERCREDI, JEUDI  
ET VENDREDI  
JUILLET > AOÛT

VISITE GUIDÉE  
GRATUITE  
À 14H30 ET 16H15

📍 Espace technologique  
Centre de Meuse/Haute-Marne  
RD960 55290 Bure

03 29 75 53 73  
visite.55.52@andra.fr  
meusehautemarne.andra.fr

**Sans rendez-vous**  
Pièce d'identité  
obligatoire pour les adultes