

HIVER 2022 N°43

le Journal de l'Andra

— ÉDITION MEUSE/HAUTE-MARNE

P.8

Les démonstrateurs de Cigéo:
de la théorie à la pratique

Sommaire

l'essentiel

- P.4 Concertation: deux nouveaux garants
- P.4 Des « secrets d'abeilles » pas si bien gardés...



- P.4 dans les médias
Avez-vous confiance en la science?
- P.5 Zoom sur les lauréats du concours 2022
« Capture ton patrimoine industriel »



- P.5 JPO 2022 : retour sur un excellent millésime!
- P.6 International
Stockage géologique: la Suisse a choisi son futur site

éclairage

- P.7 Collapsologie: quelle place pour Cigéo dans un monde effondré?



P.8 Dossier

Les démonstrateurs de Cigéo: de la théorie à la pratique

- P.10 « Les démonstrateurs permettent d'améliorer nos procédés et de préparer la construction et le fonctionnement de Cigéo »
- P.12 Le cycle de vie d'un démonstrateur: une démarche d'amélioration continue
- P.13 10 démonstrateurs qui ont fait leurs preuves
- P.19 Gestion des déchets radioactifs de haute activité: 5 questions pour mieux comprendre

immersion

- P.22 **Portrait**
Émilie Huret, une géologue à la tête du Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne
- P.23 L'Andra au service de l'infiniment petit
- P.24 Centrale nucléaire de Brennilis: dernière étape de la déconstruction !



territoire

- P.26 **L'Andra à votre écoute!**
Que pensez-vous des activités et du *Journal de l'Andra*?
- P.28 **Appel à projets**
4,4 millions d'euros pour soutenir la filière agricole
- P.29 **Parrainage**
Coup de pouce pour le réaménagement du Ravin du génie
- P.30 **#On vous répond**
Séisme à Mulhouse: quel aurait été l'impact sur Cigéo ?
- P.30 **#Ils sont venus nous voir**
- P.31 **Photomystère**

le
Journal
del'Andra

Édition Meuse/Haute-Marne N°43

Centre de Meuse/Haute-Marne

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



Directeur de la publication: Pierre-Marie Abadie • Directeur de la rédaction: Antoine Billat • Rédactrice en chef: Dominique Mer • Ont participé à la rédaction, pour l'Andra: Antoine Billat, Sophie Dubois, Marie-Pierre Germain, Damien Maury-Tarriet, Dominique Mer; pour Rouge Vif: Fanny Costes, Emmanuelle Crédoz, Joana Maître, Véronique Parasote, Pascal de Rauglaudre et Élodie Seghers • Crédits photos: Andra, BigBlueStudio, Andra/Adrien Daste, DR, Guillaume Hermand, Valéry Joncheray, Andra/Sophie Muzerelle, Andra/Valérie Renaud, Pénélope Soler, Andra/Éric Sutre, V. Chalup/stock.adobe.com, Virginie Thibault • Dessins: Aster et Rouge Vif • Infographies: Rouge Vif • Création-réalisation: www.grouperougevif.fr - ROUGE VIF éditorial - 28080 - www.grouperougevif.fr • Impression: DILA - Siret 130 009 186 00011 - Imprimé sur du papier issu de forêts durablement gérées, 100 % recyclé dans une imprimerie certifiée imprim'vert • © Andra - 371-43 • DDP/DICOM/22-0074 • ISSN: 2106-8291 • Tirage: 199 048 exemplaires

IMPRIM'VERT® PEFC 10-31-2190 / Certifié PEFC

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 D'ASTER

Votre avis nous intéresse



Et vous, que pensez-vous du *Journal de l'Andra*... et des activités de l'Agence?
Gros plan sur les principaux résultats des enquêtes d'opinion menées en 2022 (p. 26).

68%



des Français estiment que, pour régler le problème du stockage des déchets radioactifs, il est nécessaire de « se décider et appliquer au plus vite une solution », selon les chiffres du dernier baromètre de l'IRSN¹. Ils sont 26 % à préférer « prolonger de 10 ans les recherches ». Seuls 6 % des Français déclarent qu'il faut « laisser le choix aux générations futures ». L'action rapide plébiscitée par les Français rejoint un enjeu autour de Cigéo : le faire aujourd'hui répond à un objectif éthique, ne pas léguer aux générations futures la charge des déchets produits par les activités dont nous bénéficions au quotidien, a fortiori dans un monde aux évolutions incertaines.

¹ Selon le Baromètre 2022 de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire qui suit depuis plus de 30 ans la perception des risques et de la sécurité par les Français.

Pour en savoir plus :
<https://bit.ly/3GqgflY>



Concertation : deux nouveaux garants

Le 6 juillet 2022, la Commission nationale du débat public (CNDP) a nommé Claire Morand et Jean-Luc Campagne pour garantir la bonne mise en œuvre de la concertation sur le projet Cigéo. Claire Morand et Jean-Luc Campagne rejoignent ainsi Marie-Line Meaux et Jean-Daniel Vazelle. Ils sont les garants de la concertation ouverte depuis 2017 à l'issue du débat public et qui durera jusqu'à l'ouverture de la future enquête publique relative au dossier de demande d'autorisation de création. Leur mission : garantir que tous les citoyens concernés et intéressés par le projet disposent des informations nécessaires, et veiller à ce qu'ils puissent partager leurs observations et poser des questions. Ces dernières sont enregistrées et portées à la connaissance de l'Andra pour qu'elle formule des réponses.

Pour en savoir plus :
<https://bit.ly/3OPhnBO>



Des « secrets d'abeilles » pas si bien gardés...

En 2022, le public a répondu présent pour en savoir plus sur les secrets des abeilles ! Présentant leur élevage, leur organisation sociale, ou encore le métier d'apiculteur, l'exposition « Secrets d'abeille », qui s'est tenue de mars à septembre dernier au Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne, a attiré 1 279 personnes, dont 340 enfants venus avec leur classe. L'animation estivale « Où sont passées les abeilles de la ruche de l'Écothèque ? » a notamment rencontré un franc succès. Elle proposait aux petits et grands d'apporter leur aide à l'inspecteur Apis. L'exposition donnait aussi à comprendre le rôle de l'Observatoire pérenne de l'environnement (OPE) de l'Andra et les connaissances acquises grâce au suivi, sur plusieurs années, de ses ruches et de l'analyse de leurs produits (miel, pollens).



dans les médias 

Avez-vous confiance en la science ?

Régulièrement, les sondages montrent que la défiance envers la science progresse dans la société. Alors, comment renouer le dialogue, recréer le lien, à l'heure où débats et controverses font rage ? Organisée par Youmatter, média de la transition écologique et sociale, avec le soutien de l'Andra, une conférence inédite a tenté d'y répondre. Principaux intervenants : Brice Laurent, sociologue et chercheur à l'École des mines de Paris, Ludovic Torbey, vulgarisateur scientifique pour la chaîne YouTube Osons Causer, et Sylvie Cot, une participante à une conférence citoyenne sur Cigéo. Autour d'eux, une quarantaine de citoyens (scientifiques, ingénieurs, acteurs des médias et du monde associatif, etc.) étaient invités à prendre part aux discussions.

youmatter 

Retrouvez le bilan de la conférence :
<https://bit.ly/3ESF091>





1^{er} prix « + de 18 ans » : « Patrimoine humain d'hier et d'aujourd'hui »
Virginie Thibault (Meuse)

Zoom sur les lauréats du concours « Capture ton patrimoine industriel » 2022

Depuis 2018, l'Andra et l'Institut mondial d'art de la jeunesse - Centre pour l'UNESCO (IMAJ) invitent tous les photographes amateurs ou professionnels à participer au concours « Capture ton patrimoine industriel du Grand Est ». Objectif : valoriser et transmettre la mémoire du patrimoine industriel de la région.

En 2022, 150 clichés ont été reçus. Une très belle moisson pour ce concours ouvert à tous et qui connaît un succès grandissant !

Le jury co-présidé par Laurent Laveu, directeur de l'école de Condé de Nancy, et Luc Fauchois, président de l'association Entreprise et Découverte a désigné les lauréats de cette 4^e édition. Parmi eux, Pénélope Soler a reçu le 1^{er} Prix dans la catégorie 12-17 ans pour son cliché en noir et blanc « La Chaussetterie » qui sublime le savoir-faire des employés de Tismail, dernière fabrique de chaussettes du Grand Est. Celui de Virginie Thibault intitulé « Patrimoine humain d'hier et d'aujourd'hui » a également reçu le 1^{er} Prix dans la catégorie des plus de 18 ans. Il rend hommage avec force au travail du fer de Damas, mélange fascinant de savoir-faire ancestral et de technique moderne. ●



1^{er} prix catégorie 12-17 ans : « La chaussetterie »
Pénélope Soler (Aube)

—  Découvrez toutes les photos lauréates 2022 sur : <https://bit.ly/3TLTjk6>



JPO 2022 : retour sur un excellent millésime !

Les dimanches 18 et 25 septembre 2022, plus de 1 400 personnes (dont 640 au CMHM) ont visité les centres de l'Andra dans la Manche, l'Aube et la Meuse/Haute-Marne à l'occasion des journées portes ouvertes.

Au programme, un parcours par pôles : présentation de l'Andra, du Laboratoire souterrain ou encore du projet Cigéo par des salariés de l'Agence. À noter également, la présence d'un pôle très riche dédié à l'innovation et le lancement d'un « Cigéo Tour » proposant aux visiteurs de découvrir les futures emprises des bâtiments de surface prévus pour Cigéo. Une première et un succès avec plus de 200 participants.



—  En vidéo sur : <https://bit.ly/3UrBWG4>



Stockage géologique : la Suisse a choisi son futur site



La société coopérative en charge de la gestion des déchets radioactifs en Suisse, la Nagra, a annoncé en septembre dernier le site retenu pour la construction du futur centre qui accueillera la totalité des déchets radioactifs du pays.

Le contexte électronucléaire suisse

La Suisse a mis en service son premier réacteur, Beznau I, en 1969, suivi par quatre autres qui ont couvert jusqu'à 40 % de la production électrique du pays. À la suite de l'accident de Fukushima au Japon en 2011, le pays a choisi de ne pas les remplacer et de mettre fin progressivement à la production d'électricité d'origine nucléaire. Cette décision a été confirmée en 2017 par un référendum national sur la stratégie énergétique. En décembre 2019, la centrale de Mühleberg est la première définitivement arrêtée dans le pays.

Une société coopérative pour gérer les déchets radioactifs

Les déchets radioactifs suisses sont gérés par la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (Nagra), fondée en 1972 par les exploitants privés des centrales nucléaires et la Confédération helvétique. Dans l'attente d'un stockage géologique pour accueillir l'ensemble des déchets radioactifs, toutes catégories confondues, ils sont entreposés provisoirement sur leur lieu de production, ainsi que dans des installations d'entrepôts centralisés. Depuis 1996, la Nagra s'appuie notamment sur le laboratoire souterrain du Mont-Terri pour mener ses recherches et expérimentations sur le stockage géologique profond de déchets radioactifs.



Laboratoire souterrain du Mont-Terri

Le choix du stockage en grande profondeur

En 2008, l'Office fédéral de l'énergie nucléaire (OFEN) a lancé le plan sectoriel « Dépôts en couches géologiques profondes ». Ce plan, dont la réalisation a été confiée à la Nagra, prévoit l'aménagement d'un site pour stocker la totalité des déchets radioactifs, de toutes les catégories, issus des cinq réacteurs nucléaires suisses, de l'industrie, de la médecine et de la recherche, soit environ 83 000 m³. Comme la France, la Suisse a choisi l'argile pour implanter son centre de stockage géologique. Après avoir exploré l'ensemble du territoire suisse, la Nagra a identifié six emplacements contenant des couches d'argile à Opalinus, une roche très étanche et absorbante, capable de confiner les substances radioactives sur de longues périodes.

83 000
mètres cubes de déchets radioactifs,
toutes catégories confondues,
à stocker en couche géologique



50
km de galeries

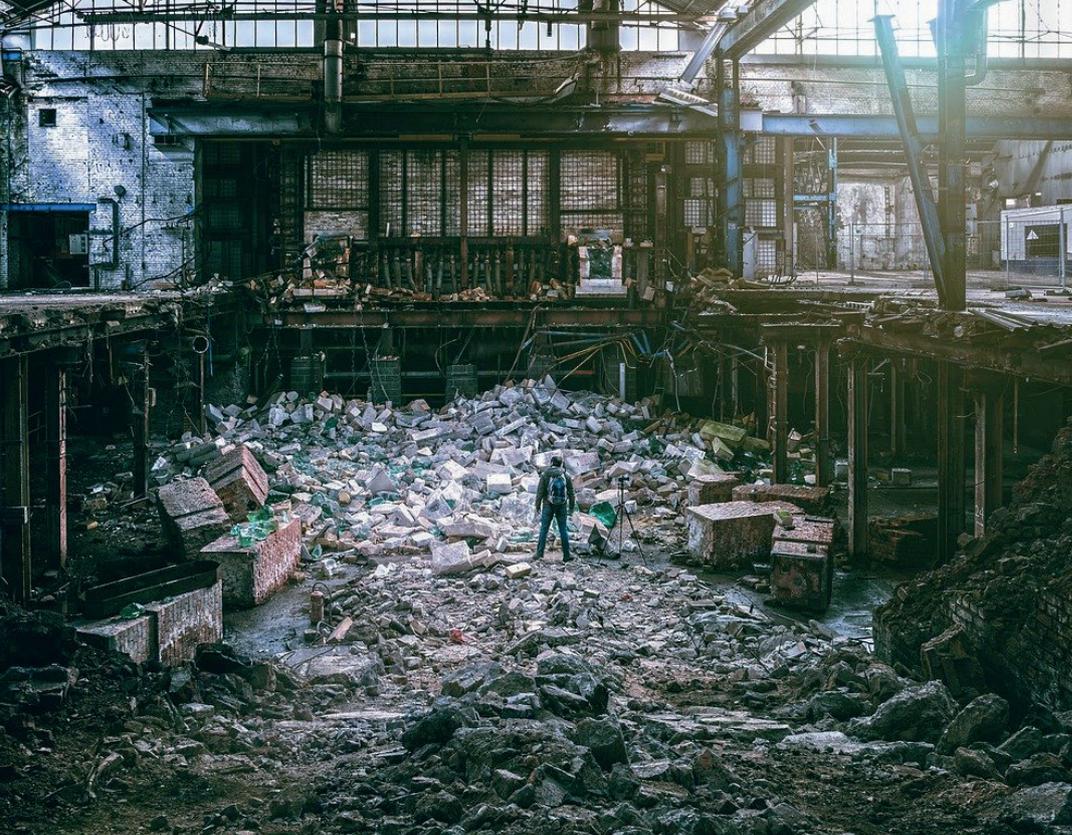
Trois sites en sélection

En 2020, la Nagra a arrêté son choix sur trois sites : la région du nord-est de Zurich, l'est du massif du Jura, et la chaîne des Lägern. Neuf forages profonds sur ces sites ont révélé une couche d'argile d'Opalinus très dense de plus de 100 m d'épaisseur. Le site choisi comprendra 50 km de galeries à plusieurs centaines de mètres de profondeur (entre 500 et 1 000 m selon les sites). Le stockage commencerait à l'horizon 2050-2060 pour une durée d'exploitation de plusieurs décennies.

Le site choisi sera entériné par votation

À l'automne 2022, la Nagra a annoncé le choix du site retenu : celui des Lägern. Elle devrait déposer en 2024 une demande d'autorisation générale pour la construction du stockage auprès du gouvernement suisse. Après avis de l'OFEN et de l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire*, le gouvernement donnera sa décision en 2029, suivi par le parlement en 2030. C'est enfin le peuple suisse qui s'exprimera dans une votation prévue pour 2031 au plus tôt. ●

* Équivalent de l'Autorité de sûreté nucléaire française



Collapsologie: quelle place pour Cigéo dans un monde effondré?

Dans un avenir plus ou moins lointain, la dégradation, voire l'effondrement de nos sociétés industrielles est envisagé comme une éventualité, et la recherche de modèles alternatifs comme un enjeu majeur. Une démarche prospective qui interroge notre société en même temps qu'elle s'inscrit dans l'avenir, raison pour laquelle des ponts existent avec le projet Cigéo. D'où l'intérêt que lui porte Camille Legrand, fondateur de la chaîne YouTube « Après l'effondrement », spécialisée dans la collapsologie. Interview.

Qu'est-ce que la collapsologie ?

La collapsologie est une proposition de thématique de recherche apparue dans les années 2010 qui envisage les risques d'un effondrement de la civilisation industrielle et ses conséquences. Elle se base sur le postulat selon lequel on a tendance à concevoir l'avenir sous le prisme de l'économie, du climat, de la biodiversité, du social... en imaginant des scénarios négatifs qui ne se prennent pas forcément en compte mutuellement alors qu'ils pourraient s'auto-alimenter. La proposition était donc de réunir ces sujets sous une thématique de recherche permettant de mesurer les risques d'effondrement, de percevoir des faisceaux d'indices, etc.

Pourquoi avoir créé « Après l'effondrement » ?

L'objectif était de proposer une vision de ce à quoi ressemblerait

une société qui s'effondre et comment elle pourrait s'en remettre. Il s'agissait de donner une image prospective des alternatives à notre mode de vie mais aussi de fournir une porte d'entrée aux personnes qui essaient de comprendre les contraintes et les conséquences d'un effondrement.

Vous avez été invité à visiter le Laboratoire souterrain de l'Andra. Qu'avez-vous pensé de cette expérience ?

Quel lien entre le projet Cigéo et la collapsologie ?

J'ai été agréablement surpris de découvrir ce véritable laboratoire scientifique. Les nombreuses galeries creusées permettent de tester différents types de bétons, de capteurs, la mobilité des sols, etc., pour assurer le fait que, s'il venait à se concrétiser, Cigéo serait réalisé dans les meilleures conditions

possibles. Le sujet m'intéresse également dans la mesure où Cigéo est l'un des rares projets industriels et humains qui tentent de se projeter sur un temps très long et qui intègrent la notion de « non-pérennité » de nos sociétés. Il n'y a pas de règles qui assurent à nos civilisations qu'elles seront pérennes... au contraire, les exemples historiques montrent qu'elles ont plutôt tendance à évoluer rapidement, soit à transitionner, soit à s'effondrer. Il est donc indispensable de prendre en compte cette éventualité dans des projets comme Cigéo, que l'on soit pour ou contre.

« À mon sens, Cigéo constitue une solution viable de gestion des déchets radioactifs dans un contexte d'effondrement. »

Alors, d'après vous, à quoi ressemblerait Cigéo dans un monde effondré ?

Une fois fermé, Cigéo ne nécessitera plus d'intervention humaine et pourrait finir à long terme par être potentiellement oublié¹. Les préoccupations seraient ailleurs dans une société qui s'effondre et qui doit faire face à de multiples autres problèmes... C'est pour cela, qu'à mon sens, Cigéo constitue une solution viable de gestion des déchets radioactifs dans un contexte d'effondrement. Il est important d'être en mesure de se positionner et de concrétiser dès maintenant des solutions de gestion pérennes des déchets car dans le cas contraire, ils constitueraient une menace certaine dans un monde post-effondrement. ●

¹ Même si Cigéo est conçu pour être sûr à très long terme, sans intervention humaine, et que l'oubli est envisageable au-delà de quelques siècles sans conséquences importantes, l'Andra travaille aux moyens d'informer les générations futures le plus longtemps possible.



Retrouvez toutes les vidéos de Camille Legrand, de la chaîne Après l'Effondrement, sur **Youtube** et **Twitter**: <https://bit.ly/3EM0W4C>







Les démonstrateurs de Cigéo: de la théorie à la pratique

Comment garantir la sécurité et la sûreté de Cigéo sur le long terme ? Comment étudier dès aujourd'hui, les techniques et technologies qui seront mises en œuvre demain ? Depuis plus de 20 ans, les solutions développées par les ingénieurs de l'Andra pour le projet Cigéo sont soumises à l'épreuve du réel. Parmi les moyens à leur disposition : les démonstrateurs. Ils permettent d'évaluer une technique ou une technologie, de valider des méthodes, d'étudier le comportement de certains phénomènes scientifiques et de tester des optimisations.

P.10 « Les démonstrateurs permettent d'améliorer nos procédés et de préparer la construction et le fonctionnement de Cigéo »

P.12 Le cycle de vie d'un démonstrateur: une démarche d'amélioration continue

P.13 10 démonstrateurs qui ont fait leurs preuves



« Les démonstrateurs permettent d'améliorer nos procédés et de préparer la construction et le fonctionnement de Cigéo »

Pour préparer la conception, l'exploitation et la fermeture du projet Cigéo, les ingénieurs de l'Andra testent certaines de leurs options techniques grâce à des démonstrateurs. Le point sur une méthodologie de travail qui allie l'innovation aux technologies éprouvées, avec Olivier Alavoine, directeur scientifique et technique adjoint de l'Andra.

FSS (Full Scale Seal) : développement d'une méthode industrielle de scellement à base d'argile gonflante (bentonite).

Cigéo est un projet unique qui vise à stocker les déchets radioactifs les plus dangereux à 500 mètres sous terre. Pour passer de la théorie à la pratique, il est indispensable de tester les solutions qui seront mises en œuvre durant la vie du projet.

30 ans de recherches au service de Cigéo

« Du point de vue de l'ingénierie, nous devons répondre à trois enjeux, explique Olivier Alavoine. Tout d'abord, il a fallu démontrer qu'un stockage géologique en milieu argileux était techniquement possible. Nous devons maintenant confirmer nos choix technologiques, c'est-à-dire les tester et les justifier pour valider le concept retenu pour chaque enjeu. Enfin, il faut également préparer la construction effective de Cigéo, si celui-ci est autorisé, et les tout premiers pas de son exploitation. »

Répondre à ces enjeux implique l'utilisation de nombreuses techniques et technologies, via des procédés et dispositifs inédits. « Concevoir Cigéo signifie très souvent soit innover soit adapter des technologies existantes. »

Des modèles grandeur nature

Pour évaluer certains concepts techniques, l'Andra réalise des démonstrateurs, c'est-à-dire qu'elle fabrique des modèles grandeur nature pour les tester en taille réelle, optimiser

leur conception et leur utilisation future. En effet, un essai est la meilleure façon de démontrer que le concept retenu est fiable et qu'il respecte les contraintes de sécurité et de sûreté propres au contexte particulier du projet Cigéo.

« Nos démonstrateurs sont très divers, souligne Olivier Alavoine. Certains sont des machines, comme des engins de manipulation des colis ou des robots de surveillance, et se trouvent en surface chez des industriels ou dans des laboratoires de

Prototype ou démonstrateur, quelle différence ?

— Prototype et démonstrateur sont tous deux des réalisations inédites que l'on veut tester et éventuellement améliorer. Mais avec une différence : un prototype est un « premier modèle » qui permet d'optimiser une future fabrication en série, tandis qu'un démonstrateur sert à évaluer, taille réelle, un dispositif.

R&D. D'autres, notamment ceux concernant le creusement ou les expérimentations en lien avec la connaissance de la roche, se trouvent dans notre Laboratoire de recherche souterrain en Meuse/Haute-Marne. » Les durées pendant lesquelles des expérimentations sont conduites sont également très variables : quelques années pour des démonstrateurs technologiques comme des robots, des dizaines d'années pour des démonstrateurs plus complexes, comme les alvéoles de stockage, où il est nécessaire en particulier de suivre le comportement de la roche dans le temps.

Des démonstrateurs en constante évolution

Dans le cadre de l'avancée du projet Cigéo, de nombreux démonstrateurs ont été mis en œuvre, dont la plupart au Laboratoire souterrain où plus de 80 expérimentations sont en cours ou ont été menées. « Le Laboratoire souterrain est un outil privilégié pour tester dans des conditions représentatives nos démonstrateurs », souligne Olivier Alavoine. Au fur et à mesure que les démonstrateurs permettent de valider des choix techniques et technologiques, d'autres sont mis en route.

“
Concevoir Cigéo signifie soit innover totalement soit adapter des technologies existantes.”

Olivier Alavoine
Directeur scientifique
et technique adjoint de l'Andra

Ainsi le projet Cigéo a pu évoluer peu à peu et s'affiner... avec en perspective la préparation de futures étapes comme la phase industrielle pilote, si le projet est autorisé (cf. encadré). Ce sont ainsi des démonstrateurs de plus en plus proches de la mise en œuvre du stockage à venir qui sont testés. « Les démonstrateurs pour l'installation industrielle



Le robot SAM (Système d'Auscultation Mobile).

doivent conforter les options de construction et de fonctionnement. Ils sont donc similaires à l'installation future ! Par exemple, au cours de la phase industrielle pilote, il s'agira de qualifier, grande nature, les performances des procédés industriels de creusement », note Olivier Alavoine. Certains démonstrateurs sont toujours actifs ou sont réutilisés pour différentes expérimentations. D'autres ont permis de mettre au point des procédés et autres dispositifs importants pour le projet comme les conteneurs de stockage ou le robot SAM, un véhicule autonome qui pourrait suivre le comportement des futures alvéoles de stockage de déchets de haute activité (HA). « D'autres leur succéderont encore ! D'une part, parce que nous sommes dans un processus d'amélioration continue et d'autre part parce que certaines étapes du projet Cigéo sont à horizon très lointain. Nous testons actuellement des robots qui surveilleront les colis de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et pourtant, ils ne seront pas déployés avant plusieurs décennies. Mais nous démontrons ainsi dès à présent l'existence d'outils adaptables et fiables, permettant de répondre aux exigences du projet, dans une démarche de cohérence globale. Le principe des démonstrateurs reste et restera central pour Cigéo ».

L'ensemble des démonstrateurs de l'Agence n'est pas qu'au service des activités scientifiques et

“
Plus d'une centaine de démonstrateurs ont été réalisés depuis plus de 20 ans.

techniques du projet. Elle répond aussi à la demande de « preuve de faisabilité » de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), en charge de contrôler les activités de l'Andra et en particulier d'instruire la demande d'autorisation de création de Cigéo. La démarche d'essais technologiques a par ailleurs été retenue par les homologues européens de l'Andra (en Suède, en Belgique, en Suisse, etc.) dans le cadre de leurs activités de R&D en lien avec leur stockage géologique.

Qu'est-ce que la « phase industrielle pilote » ?

— Proposée par l'Andra à la suite du débat public de 2013 et inscrite dans la loi en 2016, la phase industrielle pilote du projet Cigéo consistera à conforter les fonctionnalités techniques et organisationnelles du centre de stockage en conditions réelles, pendant les premières années de construction et de fonctionnement. C'est aussi durant cette phase que débutera la mise en pratique de la gouvernance du projet, c'est-à-dire la manière dont seront préparées, prises et suivies les décisions relatives au développement et au fonctionnement de Cigéo.

Le cycle de vie d'un démonstrateur

une démarche d'amélioration continue

La mise en œuvre d'un démonstrateur est l'une des étapes clés de la conception d'un composant du stockage. Quand, pourquoi et à quel moment décide-t-on de concevoir un démonstrateur ? Quelles sont les étapes nécessaires et les questions qui se posent ?

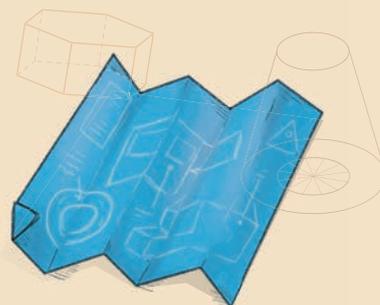
Explications en images avec l'exemple du démonstrateur des conteneurs de déchets radioactifs de moyenne activité à vie longue (MA-VL)



Étape 1

Définir les besoins et les objectifs

Quels sont les besoins particuliers de l'Andra ?
De quelles données dispose-t-on déjà ?
Quelles données souhaite-t-on récolter ?
Quels objectifs à atteindre ?
Quel niveau de performance, selon quels critères ?



Étape 2

La conception et le dimensionnement

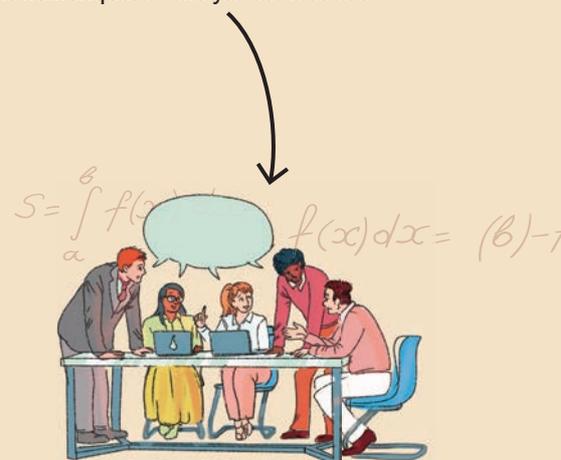
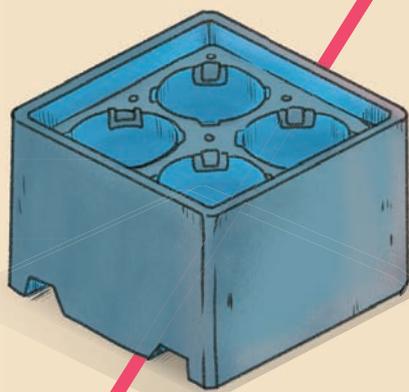
Travail sur le ou les plans du composant (ici le conteneur). Quelles dimensions, quels matériaux ? Simulations numériques et analyse des résultats.



Étape 6

Dossier justificatif de définition

À la fin du processus, toutes les données récoltées grâce au démonstrateur font l'objet d'un dossier qui servira à la définition précise du composant. Celui-ci peut faire l'objet d'un dépôt de brevet.



Étape 3

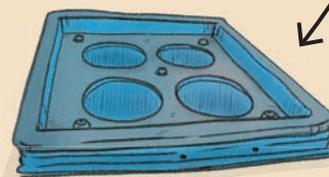
Démonstrateur ou pas ?

En fonction des résultats, les équipes de l'Andra décident ou non de mettre en œuvre un démonstrateur. Objectif : s'assurer de la pertinence de la solution envisagée et la tester en conditions réelles.

Étape 5

On teste !

Le démonstrateur est testé dans différentes situations, parfois les plus extrêmes (chutes, incendies, séismes...) comme ici pour le conteneur. Les résultats de ces essais permettent de valider les choix retenus et d'optimiser la conception du composant. Quand la solution technique est trouvée, une veille technologique se poursuit dans une démarche d'amélioration continue.



Étape 4

Fabrication

Le démonstrateur est fabriqué, si besoin avec l'aide d'experts partenaires ou prestataires.

10 démonstrateurs

qui ont fait leurs preuves

Creusement, conditionnement, stockage, surveillance... L'Andra mène de nombreuses expérimentations afin de préparer la réalisation du projet Cigéo. Au cœur du Laboratoire de recherches souterrain de l'Agence ou en surface, focus sur 10 démonstrateurs clés.

DÉMONSTRATEUR 1



Carrefour à quatre branches, dit « en croix ».

LE CARREFOUR EN CROIX

Pourquoi ce démonstrateur ?

Creuser en souterrain, c'est créer un vide susceptible d'endommager la roche environnante. D'autant plus si le creusement est important, comme c'est le cas aux carrefours des galeries de l'installation souterraine de Cigéo, des zones où les contraintes mécaniques se concentrent.

Dans le Laboratoire souterrain, des carrefours à trois branches ont été creusés dès les premières années, avec un retour d'expérience montrant un bon comportement et une stabilité mécanique. Qu'en sera-t-il des carrefours à quatre branches, dits « en croix » prévus notamment dans les zones de soutien logistique ? C'est pour conforter la maîtrise des effets d'un tel creusement sur la roche et le comportement mécanique de l'ouvrage dans le temps qu'un démonstrateur d'intersection en croix a été réalisé.

Comment ça marche ?

Courant 2021, quelques mois avant le début du creusement, plus de 80 capteurs ont été insérés dans la roche argileuse tout autour du futur carrefour en croix. Les travaux de creusement du carrefour ont pu ensuite commencer, sous la surveillance des capteurs qui mesurent les déformations et la pression interstitielle de la roche (cf. définition).

Le +

Ce « carrefour démonstrateur » permet désormais de suivre à la fois le comportement mécanique de l'ouvrage dans le temps mais aussi d'acquérir de nouvelles données, plus exhaustives, pour le choix des futurs revêtements. Il améliorera ainsi la maîtrise du comportement hydromécanique à court et long terme des différentes géométries de carrefours entre les galeries souterraines.

Définition

La pression interstitielle est la pression de l'eau présente naturellement dans les pores de la roche. Ce paramètre varie de façon naturelle, principalement avec la profondeur et les variations des contraintes dans le sol, par exemple à proximité des creusements. Dans le Laboratoire souterrain, elle est mesurée par de nombreux capteurs placés dans la roche.

DÉMONSTRATEUR 2

DES ALVÉOLES SOUS HAUTE SURVEILLANCE POUR LE STOCKAGE DES DÉCHETS HA



Pourquoi ce démonstrateur ?

Plusieurs démonstrateurs d'alvéoles de stockage de déchets radioactifs de haute activité (HA), toujours plus proches de la configuration des alvéoles qui seront effectivement creusées dans Cigéo, ont déjà été réalisés dans le Laboratoire souterrain. En effet, les colis de déchets seront stockés dans de longs microtunnels, de diamètre utile compris entre 0,6 mètre et 0,7 mètre, et de longueur comprise entre environ 80 mètres à 150 mètres, en fonction du quartier de stockage. Un tubage en acier, appelé chemisage, vise à garantir la récupérabilité des colis pendant l'exploitation. Les démonstrateurs ont permis d'optimiser la conception et le mode de réalisation de ces ouvrages, mais également de vérifier la faisabilité de mise en place de dispositifs de surveillance : par exemple pour suivre l'évolution de la température et de la déformation du chemisage, ainsi que la composition de l'atmosphère interne de l'alvéole.

Comment ça marche ?

Parmi les démonstrateurs les plus récents, deux alvéoles de 20 mètres de long ont été équipées de nombreux capteurs pour caractériser et quantifier les échanges de gaz entre l'alvéole et la galerie d'accès, mais aussi pour tester un dispositif visant à limiter ces échanges. Deux autres démonstrateurs, de 80 mètres de long, sont plus particulièrement dédiés au suivi de l'atmosphère interne de l'alvéole pour limiter la concentration de certains gaz.

Le +

Parmi les démonstrateurs plus anciens – qui totalisent 1 000 mètres de longueur aujourd'hui – deux d'entre eux, de 25 mètres de long, ont été équipés de dispositifs chauffants pour évaluer l'influence de la chaleur sur le comportement de l'alvéole (déformation éventuelle du chemisage) et de la roche.

DÉMONSTRATEUR 3

DES ALVÉOLES OPTIMISÉES POUR LES DÉCHETS MA-VL

Pourquoi ce démonstrateur ?

Dans Cigéo, les colis de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) seront stockés dans des alvéoles de stockage adaptées. Afin de préparer leur réalisation, un démonstrateur à l'échelle du stockage, appelé OMA (pour Ouvrage pour les colis de moyenne activité à vie longue) vient d'être creusé au Laboratoire souterrain. Le démonstrateur d'alvéole réalisé a un diamètre de près de 10 mètres sur 80 mètres de longueur.

Comment ça marche ?

L'un des enjeux de ce démonstrateur est d'optimiser la mise en œuvre de différents types de revêtements, compressibles ou non, dans une galerie de grand diamètre, ainsi que le génie civil interne adapté pour les colis et les moyens de manutention. Il s'agissait également de vérifier le comportement hydromécanique d'une alvéole MA-VL, en comparant les mesures avec celles réalisées pour des démonstrateurs de plus petit diamètre, mais

DÉMONSTRATEUR 4



également de préparer l'instrumentation pour la surveillance des ouvrages dans Cigéo.

Le +

Le creusement s'est bien déroulé et de nombreux capteurs ont été installés pour suivre le comportement de la roche et des structures en béton. Les essais à venir devront permettre d'évaluer les dispositifs de surveillance pour ces ouvrages, tels qu'ils pourraient être mis en œuvre dans Cigéo : faciles à installer, durables, faiblement intrusifs et qui donnent des mesures fiables à haute résolution.



DÉMONSTRATEUR 5



UN DISPOSITIF COMPLET POUR SOUDER LES CONTENEURS DE COLIS DE DÉCHETS HA

Pourquoi ce démonstrateur ?

En vue de leur stockage dans Cigéo, les colis de déchets radioactifs HA sont placés dans d'épais conteneurs en acier étanches. Il faut donc souder le corps du conteneur et son couvercle, assurer l'usinage ou encore effectuer des contrôles non destructifs.

Comment ça marche ?

Les conditions particulières de Cigéo ont conduit l'Andra, en partenariat avec Cegelec CEM, à développer un démonstrateur de cellule de conditionnement, composé de différents équipements, avec en particulier : un poste de soudage par faisceau d'électrons pour assembler de façon permanente le couvercle sur le corps du conteneur avec une productivité élevée ; un poste de traitement thermique par induction pour limiter le risque de corrosion ; une machine d'usinage et de contrôle pour éliminer le bourrelet généré par le soudage et contrôler la qualité de la soudure dans toute son épaisseur.

Le +

Ce prototype devrait permettre à l'Agence d'optimiser le fonctionnement des procédés, dans un environnement représentatif de l'installation de surface de Cigéo, de vérifier la fiabilité des équipements industriels et enfin de réaliser des maquettes à taille réelle pour des essais ultérieurs.

DES CONTENEURS DE COLIS DE DÉCHETS MA-VL À L'ÉPREUVE DES CHUTES, DES INCENDIES ET D'UNE EXPLOSION INTERNE

Pourquoi ce démonstrateur ?

Pour leur stockage, certains colis de déchets MA-VL sont regroupés dans des conteneurs en béton. Ces conteneurs de stockage doivent être fabriqués de manière très contrôlée pour remplir pleinement leur rôle de coque protectrice et faciliter leur manutention. Depuis 2015, l'Andra a réalisé plusieurs démonstrateurs de ces conteneurs. Objectifs : vérifier leur constructibilité, affiner leur conception – notamment au niveau des armatures métalliques qui augmentent leur résistance, et des logements destinés à recevoir les colis – et enfin disposer de démonstrateurs à taille réelle.

Comment ça marche ?

Pour s'assurer de la performance des conteneurs, en plus de mesures en situation normale, les ingénieurs de l'Andra ont fait subir aux colis toutes sortes d'épreuves. Des tests de chute et d'incendie ont prouvé qu'ils conservent leur intégrité structurelle, restent manipulables et continuent de protéger les colis, y compris dans ces conditions extrêmes.

Le +

Une autre particularité de certains déchets MA-VL est qu'ils produisent de l'hydrogène, un gaz potentiellement explosif au-delà d'une certaine concentration dans l'air et en présence d'un élément déclencheur. La capacité du conteneur de stockage à permettre l'évacuation des gaz produits a été évaluée et confirmée au travers d'essais sur un démonstrateur à l'échelle 1. Le cas d'une explosion dans un conteneur a tout de même été testé, grâce à un démonstrateur dans lequel un mélange air/dihydrogène a été injecté et une explosion déclenchée. Résultat : si la pression interne monte brusquement au moment de l'explosion, elle redescend à la pression atmosphérique après 0,5 secondes en évacuant les gaz de combustion. Aucun endommagement n'est observé sur le conteneur.

DÉMONSTRATEUR 6

UN « PONT-STOCKEUR » POUR LA DÉPOSE ET LE RETRAIT DES CONTENEURS MA-VL

Pourquoi ce démonstrateur ?

La mise en place des conteneurs MA-VL (voir démonstrateur n°4) dans leurs alvéoles de stockage (voir démonstrateur n°3) sera faite par un engin de manutention sur rails. Sa mission : disposer les uns à côté des autres, sur plusieurs couches, les conteneurs arrivant à l'entrée de l'alvéole.

Comment optimiser cette machine pour qu'elle puisse manipuler les conteneurs dans l'espace contraint de l'alvéole, aussi bien pour les y déposer que les en retirer si nécessaire, dans le cadre de la réversibilité du stockage ?

Comment ça marche ?

Un démonstrateur du pont stockeur va être testé sur un banc d'essai à taille réelle pour s'assurer qu'il soit capable de les empiler précisément, sans risque de collision entre les conteneurs et en ménageant l'espace nécessaire au passage du robot d'inspection autonome.

Le +

Géométrie, motorisations, alimentation en électricité, fonctionnalités, robustesse, disposition des capteurs – dont des caméras – ainsi que les dispositifs de communication sans fil pour son pilotage à distance sont autant de paramètres qu'un démonstrateur permet de tester et d'améliorer au fil des essais.

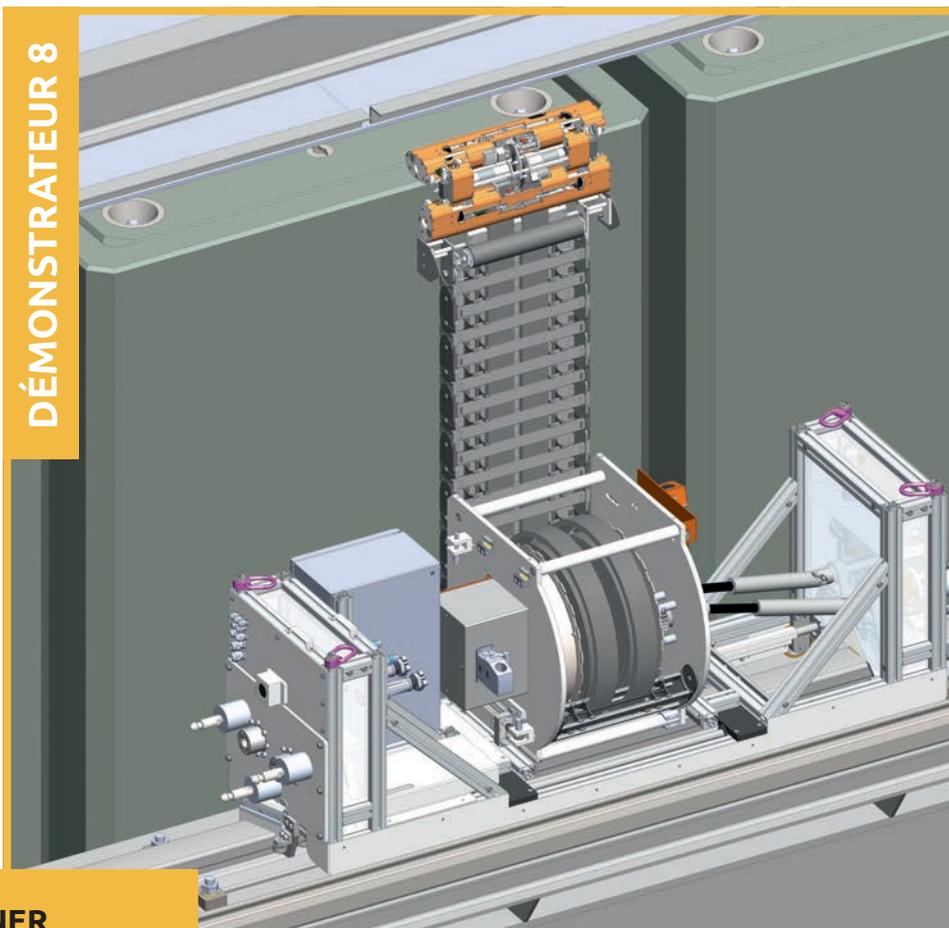


DÉMONSTRATEUR 7





DÉMONSTRATEUR 8



UN FUNICULAIRE SÛR DE FREINER

Pourquoi ce démonstrateur ?

Afin d'être stockés dans Cigéo, les colis de déchets radioactifs seront transportés dans des hottes de radioprotection pour rejoindre les installations souterraines sur un funiculaire circulant à 10 km/h dans une galerie inclinée d'environ 4 kilomètres de long. Pour descendre à environ 500 mètres de profondeur, c'est donc une pente de l'ordre de 12 % que devra emprunter l'engin qui, chargé, pèse 210 tonnes au total. Une pente conséquente et un chargement aussi lourd que délicat, voilà de quoi s'assurer d'un freinage qui sorte de l'ordinaire... et c'est le rôle du démonstrateur du funiculaire réalisé par l'entreprise française Poma, spécialiste des systèmes de transport par câbles. Objectif : tester des systèmes de freinage inédits, destinés à pallier une éventuelle défaillance des dispositifs de freinage normaux d'exploitation : des freins d'arrêt d'urgence, des freins d'ultime secours et des butoirs de fin de voie.

Comment ça marche ?

Le frein d'arrêt d'urgence est un chariot relié au véhicule et équipé de 6 pinces qui serrent les rails. Le frein d'ultime secours est un dispositif de freinage par affalage du châssis du véhicule sur les rails. Les butoirs de fin de voies glissent et freinent le véhicule en cas de survitesse du véhicule à l'arrivée en gare.

Le +

Après deux ans de tests en laboratoire sur les matériaux de plaquettes de frein envisagés et les pièces de chacun des systèmes de freinage, le funiculaire et ses trois systèmes de freinage d'urgence indépendants ont été mis à l'épreuve sur un banc d'essai à taille réelle, dans un bâtiment réaménagé à cet effet, à Froncles, en Haute-Marne.

DÉCHETS MA-VL : UN ROBOT D'INSPECTION EN ZONE DIFFICILE D'ACCÈS

Pourquoi ce démonstrateur ?

Dans les alvéoles de stockage MA-VL prévues dans Cigéo, certains colis de déchets seront placés dans des conteneurs (voir démonstrateur n°4) et empilés les uns au-dessus des autres, couche par couche. Comment les surveiller durant le fonctionnement du stockage ? Grâce à un robot très particulier qui permet un suivi visuel, dimensionnel et radiologique de l'état des conteneurs et des alvéoles de stockage.

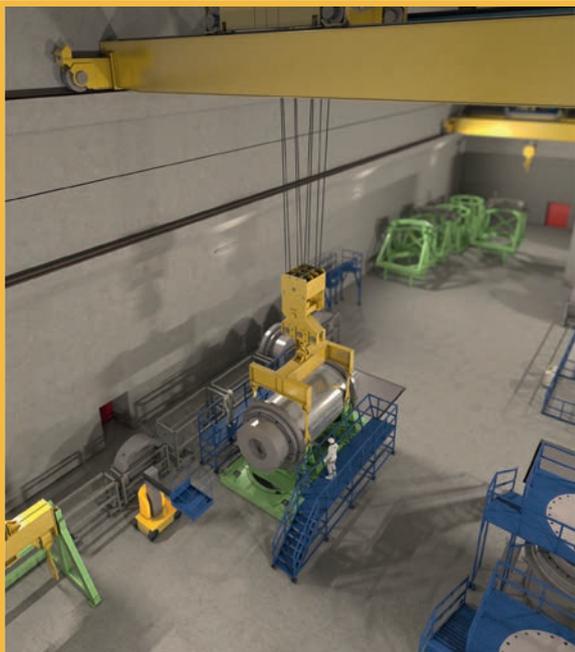
Comment ça marche ?

C'est un outil téléopéré, capable de se déplacer sur toutes les faces externes des conteneurs et entre les conteneurs. Il pourra ainsi réaliser une inspection complète et exhaustive, détecter une température et un niveau de radioactivité anormaux ou repérer un éventuel défaut (fissures, écailles sur le béton).

Le +

Ce « robot rideau » – nom qu'il doit à sa tête d'inspection qui se déploie à l'instar d'un store qui se déroule – circule sur un rail et se faufile entre les conteneurs grâce à deux chaînes porte-câbles. Guidé à distance depuis un poste de commande, il permettra de réaliser des contrôles lors du remplissage des alvéoles puis périodiquement au cours de l'exploitation du stockage.

DÉMONSTRATEUR 9



UNE MAQUETTE NUMÉRIQUE, « JUELLE » DE CIGÉO

Pourquoi ce démonstrateur ?

L'Andra réalise un jumeau virtuel de Cigéo qui rassemble l'ensemble des données et peut évoluer au fil du temps. Ce « double » permet ainsi de visualiser le projet en 3D et

de partager les informations avec les équipes, *via* une interface collaborative.

Comment ça marche ?

Le jumeau numérique stocke la description géométrique de tous les éléments du projet dans une base de données. Y sont également répertoriés pour chaque composant ses caractéristiques, sa référence, son fournisseur, son planning de révision ainsi que les raisons qui ont conduit à le choisir comme, par exemple, les normes techniques applicables. Ainsi, lorsqu'il est envisagé de faire évoluer un composant au fil du temps, il est possible de réexaminer ses paramètres techniques et les différentes configurations qui ont été étudiées lors de la conception du projet. Le jumeau numérique permet aussi de vérifier la cohérence globale des aménagements qui sont faits ou envisagés. En période de construction, elle permettra de fournir aux entreprises qui mèneront les travaux toutes les informations utiles. Ensuite, elle servira de référence pour identifier l'endroit exact où se trouve chaque élément afin de réaliser la maintenance par exemple.

Le +

Les données acquises par les dispositifs de surveillance seront également intégrées à la maquette et permettront de visualiser le comportement de Cigéo et du milieu géologique environnant, en les comparant aux comportements attendus *via* un couplage entre la maquette numérique et les calculs de simulation numérique.

DÉMONSTRATEUR 10

UN DISPOSITIF CAPABLE D'EXTRAIRE LES COLIS HA D'UNE ALVÉOLE ABÎMÉE

Pourquoi ce démonstrateur ?

Cigéo étant réversible pendant toute sa durée d'exploitation, les colis de déchets doivent être récupérables durant au moins un siècle. Les conteneurs de stockage contenant les colis de déchets HA peuvent donc être retirés de leur alvéole à tout moment. Après avoir mis au point un dispositif robotisé pour le stockage et le retrait des conteneurs en conditions normales, l'Andra a pu le mettre à l'épreuve dans des conditions extrêmes. Objectif : Démontrer que le retrait des conteneurs est possible dans une alvéole, déformée verticalement et horizontalement, sous les effets simulés de la température dégagée par les colis, des contraintes mécaniques du terrain et de la corrosion.

Comment ça marche ?

Le dispositif robotisé est bien arrivé jusqu'au conteneur malgré les déformations et la température de 90 °C, il l'a saisi et – grâce aux patins en céramique du conteneur qui ont empêché toute adhésion par corrosion – l'ensemble a pu être tracté par treuil jusqu'à la sortie de l'alvéole.

Le +

Ces essais ont été réalisés en surface, sur un banc d'essai permettant de générer un taux de rouille extrême sur le chemisage de l'alvéole. Une situation très improbable donc, mais qui a permis d'identifier que le dispositif risque de ramener avec lui une quantité importante de matière corrodée en tête d'alvéole et donc de bloquer les systèmes d'ouverture et de radioprotection. Un second dispositif robotisé dit « de broissage » a donc été conçu – et testé – pour racler la rouille et l'évacuer avant que le dispositif récupérateur n'intervienne.





Hall d'entreposage des colis de déchets HA à l'usine de La Hague.

Gestion des déchets radioactifs de haute activité

5 questions pour mieux comprendre

En France, le combustible utilisé dans les réacteurs nucléaires pour produire de l'électricité est retraité afin de récupérer les matières radioactives valorisables.

Les résidus ultimes qui ne peuvent être valorisés deviennent alors des déchets radioactifs. Les plus radioactifs d'entre eux constituent les déchets de haute activité ou « déchets HA ». Que sont-ils exactement? Et comment les gérer? Réponses en 5 volets.

1/ D'où proviennent les déchets de haute activité?

Historiquement, la France a fait le choix de retraiter le combustible nucléaire usé à des fins militaires afin d'extraire le plutonium. L'usine d'extraction de plutonium de Marcoule (Gard) est mise en service en 1958 (elle est aujourd'hui en démantèlement), suivie de l'usine de retraitement de La Hague (Manche) en 1966. Dans les années 1970, la politique française réoriente les opérations de retraitement du combustible usé vers le nucléaire civil. Objectif: extraire les matières valorisables, uranium et plutonium, pour fabriquer de nouveaux combustibles pour les centrales nucléaires. Aujourd'hui, l'usine de La Hague, exploitée par Orano, traite le combustible usé des centrales nucléaires françaises, mais également de réacteurs nucléaires étrangers¹.

Une fois son utilisation au sein du réacteur nucléaire terminé, le combustible dit usé est extrait. Il présente un niveau de radioactivité ainsi qu'un dégagement de chaleur très importants. Il est alors nécessaire de

l'entreposer dans des piscines de refroidissement, dans le bâtiment réacteur des centrales, pour lui laisser le temps de refroidir suffisamment, en lien avec la décroissance radioactive². Quand le combustible est suffisamment refroidi, il est transporté vers l'usine de La Hague où il est de nouveau entreposé en piscine, en attendant d'être retraité.

Lors des opérations de retraitement, les assemblages de combustible sont cisailés et sont dissous dans une solution d'acide nitrique. Les matières valorisables sont récupérées et le reste constitue des déchets radioactifs: déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) pour les constituants métalliques du combustible (bouts des crayons cisailés, appelés coques, et embouts); déchets de haute activité (HA) pour les éléments radioactifs de la solution de dissolution qui ne peuvent pas être réutilisés³.

Bon à savoir

— Les déchets HA concentrent 94,9 % de la radioactivité et 0,2 % du volume total des déchets radioactifs.

¹ Le stockage en France de déchets radioactifs en provenance de l'étranger étant strictement interdit, l'équivalent des déchets issus du retraitement du combustible usé sont systématiquement renvoyés dans leurs pays d'origine.

² Pour devenir stable, les atomes radioactifs vont se désintégrer en expulsant un morceau de leur noyau ou un électron. La radioactivité décroît ainsi au fil du temps.

³ Certains déchets technologiques ou sources radioactives sont également des déchets HA mais ils représentent seulement 0,5 % de l'inventaire total des déchets HA.

2/ Que sont-ils exactement ?

Le passage en réacteur du combustible nucléaire génère des éléments radioactifs très variés. Une grande partie (95 %) est de l'uranium qui pourrait faire l'objet d'un nouvel enrichissement en vue de la fabrication de nouveau combustible. Une autre partie (1 %) est du plutonium, qui s'est formé dans le réacteur, et qui peut être utilisé dans la fabrication d'un nouveau combustible appelé MOX⁴. Les 4 % restant constituent les déchets HA que sont les produits de fissions et les actinides mineurs.

Les produits de fissions (4 %)

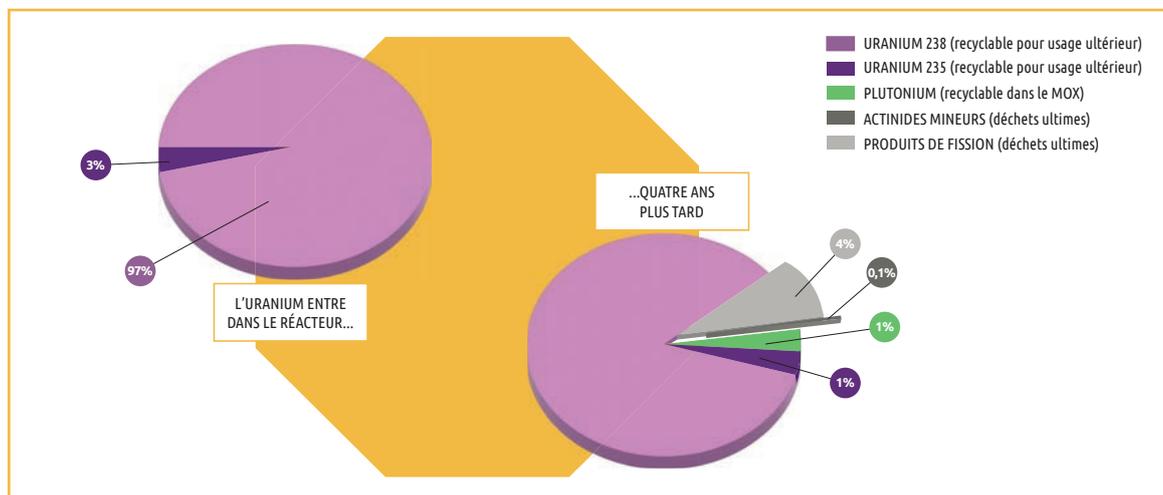
Ce sont les atomes radioactifs issus notamment de la fission de l'uranium 235 présent dans le combustible nucléaire. Leur décroissance radioactive est variable : de la seconde à des milliers d'années selon les éléments radioactifs. Néanmoins, leur activité décroît rapidement (les plus dangereux étant

à vie courte) et leur niveau de radioactivité rejoint celui du minerai d'uranium en quelques centaines d'années.

Les actinides mineurs (0,1 %)

Ils sont issus des atomes d'uranium qui ont capturé des neutrons. Leur décroissance radioactive est généralement très longue. Leur activité dans leur ensemble, décroît ainsi plus lentement que les produits de fissions et reste importante durant une très longue période.

Les déchets HA émettent ainsi plusieurs milliards de becquerels⁵ par gramme au moment de leur production – et peuvent rester dangereux très longtemps (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années). Leur activité diminue néanmoins significativement dans les premiers siècles, du fait notamment de la décroissance radioactive des produits de fissions.



3/ Comment sont-ils gérés aujourd'hui ?

Les déchets HA sont piégés dans une matrice de verre : ils sont mélangés à haute température avec une pâte vitreuse puis coulés dans des conteneurs en acier inoxydable (inox). L'ensemble constitué du conteneur et du verre contenant les éléments radioactifs constitue un colis de déchets HA.

Ces colis de déchets vitrifiés, d'environ 180 litres chacun, sont ensuite entreposés dans des bâtiments en béton ventilés, la circulation de l'air assurant l'évacuation de la chaleur produite.

Aujourd'hui, les colis de déchets HA sont entreposés à l'usine d'Orano à La Hague, pour la très grande majorité, mais également sur l'installation du CEA de Marcoule, en particulier pour les colis issus du retraitement du combustible de l'ancienne filière de réacteurs nucléaires français (uranium naturel graphite gaz, UNGG). Fin 2020, on comptabilisait en France environ 4 190 m³ de déchets HA issus de l'industrie électronucléaire française.

L'entreposage relève d'un principe dit de « sûreté active », c'est-à-dire nécessitant une intervention humaine (maintenance, surveillance) pour garantir son bon fonctionnement. C'est donc une solution de gestion provisoire pour les déchets HA, contrairement au stockage qui repose sur un dispositif de sûreté passive après sa fermeture.

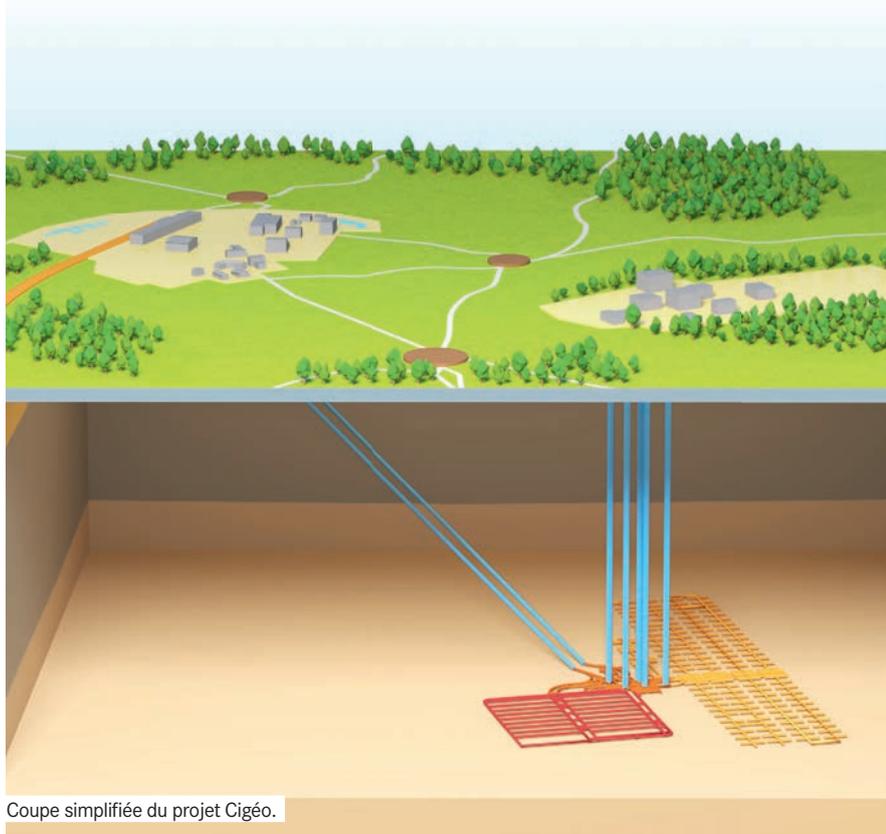
⁴ Le MOX est actuellement employé dans un tiers des réacteurs du parc nucléaire français, et produit environ 10 % de notre électricité.

⁵ Unité pour mesurer la radioactivité : nombre de désintégrations par seconde.

4/ Quelle solution sur le très long terme pour gérer les déchets HA?

Les déchets HA ne peuvent pas être stockés en surface ou à faible profondeur compte tenu des risques qu'ils représentent pour l'Homme et pour l'environnement, et de la durée de leur dangerosité. Les stocker en profondeur est l'option de gestion pour le très long terme retenue par la France, mais aussi à l'international. L'Andra est donc chargée de mettre en œuvre le projet Cigéo qui vise à les stocker, à environ 500 mètres de profondeur, à la frontière de la Meuse et de la Haute-Marne, dans une couche d'argile (Callovo-Oxfordien) qui s'est formée il y a 160 millions d'années et stable depuis plusieurs millions d'années. Elle est reconnue pour sa très faible perméabilité et sa capacité à confiner les éléments radioactifs sur le très long terme.

Si Cigéo est autorisé, les colis de déchets HA y seront progressivement acheminés une fois qu'il sera mis en service et que la chaleur dégagée par ces colis aura suffisamment décru pour pouvoir être accueillis dans le stockage. À leur réception, les colis seront placés dans des conteneurs de stockage en acier avant d'être acheminés vers l'installation souterraine pour être disposés dans des alvéoles de stockage, de longs microtunnels d'environ 150 m, creusés dans l'argile. Le projet Cigéo est conçu pour prendre en charge l'ensemble des déchets HA qui ont été produits et qui seront produits par les installations nucléaires existantes, jusqu'à leur démantèlement, ainsi que celles qui disposent de leur autorisation de création, comme l'EPR de Flamanville. Soit 10 000 m³ de déchets HA.



Coupe simplifiée du projet Cigéo.

5/ Y a-t-il des alternatives à Cigéo à l'étude pour les déchets HA?

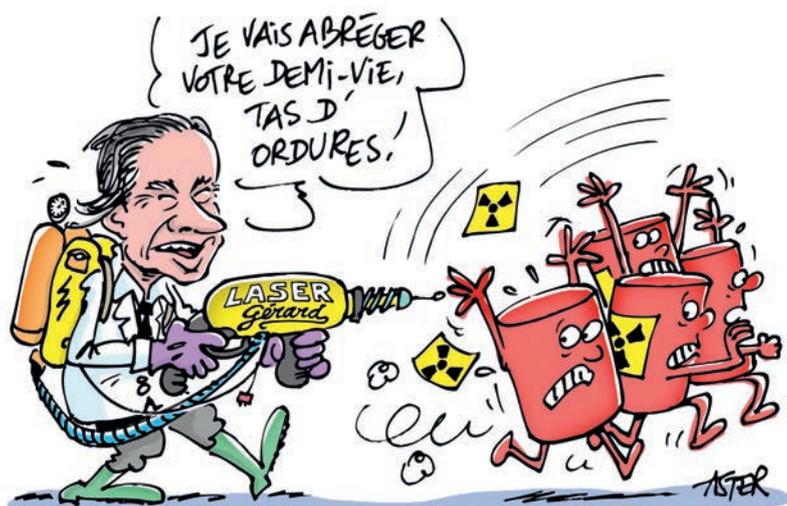
Aujourd'hui, environ 50 % des déchets HA, vitrifiés et conditionnés en colis en inox, sont déjà produits. Pour le futur, des recherches visent à produire moins de déchets HA, *via* notamment le développement de procédés de transmutation des déchets à vie

longue, plus particulièrement les actinides mineurs. Le principe de la transmutation est de transformer des radionucléides à période radioactive très longue en éléments stables ou en éléments radioactifs à période plus courte afin de

réduire la toxicité et la quantité de déchets radioactifs.

Le recours à la transmutation pourrait être envisagé en parallèle du développement des réacteurs de 4^e génération (réacteurs à neutron rapide).

D'autres études visent à coupler le réacteur avec un accélérateur de particules (projet belge Myrrha) ou avec un laser de haute puissance (projet du prix Nobel de physique Gérard Mourou). Reste que ces solutions ne sont pas encore opérationnelles à l'échelle industrielle : différents procédés de séparation des actinides mineurs sont encore à étudier et leur mise en œuvre à grande échelle reste à démontrer. Quant à la transmutation, elle ne sera ni réalisable à l'échelle industrielle dans un avenir proche, ni applicable aux déchets déjà produits, vitrifiés et conditionnés. Ces solutions sont donc à envisager comme complémentaires au stockage géologique qui doit également prendre en charge 73 000 m³ de déchets MA-VL non concernés par la transmutation.



Dessin de presse d'Aster sur la transmutation.

Émilia Huret, une géologue à la tête du Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne

Cheffe du Centre de Meuse/Haute-Marne depuis octobre 2021, à la tête d'une équipe d'une centaine de personnes, Émilia Huret n'a pas oublié sa formation de géologue, comme en témoignent les cailloux qui décorent son bureau. Retour sur un parcours entre science, gestion de projet et management.



Émilia Huret

Passionnée de géologie depuis son enfance à La Réunion, Émilia Huret connaît bien la roche argileuse qui entoure le Laboratoire souterrain et dans laquelle sera creusé Cigéo. Car c'est à l'Andra qu'elle a fait sa thèse, au cours de laquelle elle a montré, en étudiant les cycles climatiques, qu'il n'y avait pas de discontinuité risquant d'altérer les propriétés du Callovo-Oxfordien. Ses travaux ont également permis de préciser la durée de l'époque géologique au cours de laquelle cette couche d'argile s'est formée, un résultat scientifique reconnu internationalement.

De Baltimore au Laboratoire souterrain

Après un passage aux États-Unis pour un poste à l'université de Baltimore pendant dix-huit mois, elle est recrutée par l'Andra en tant qu'ingénieure géologue en 2008. « *Même si la recherche fondamentale m'intéressait, j'ai toujours été attirée par les disciplines appliquées. D'ailleurs, j'avais fait un double cursus en géologie et en géotechnique.* »

Elle continue à étudier la variabilité des propriétés du Callovo-Oxfordien avec une approche plus intégrée qui combine de nombreux paramètres : perméabilité, minéralogie, porosité, conductivité thermique... De 2013 à 2016, elle fait ses armes en gestion de projet en pilotant les campagnes d'investigation et les travaux de recherche associés sur un site potentiel dans l'Aube étudié pour le stockage des déchets de faible activité à vie longue. Changement de poste en 2018 afin de superviser la mise en œuvre des expérimentations scientifiques et technologiques au Laboratoire souterrain. Elle chapeaute aussi le développement et l'adaptation de toutes sortes de capteurs destinés à assurer la surveillance de Cigéo, ainsi que le traitement des données acquises. « *J'y ai développé des compétences en informatique et en traitement des données. Je me suis également beaucoup investie dans l'organisation et la programmation des expérimentations scientifiques afin de répondre au mieux aux enjeux du projet, dans ce milieu souterrain exceptionnel.* »

“
À 42 ans, grâce à l'Andra, j'ai l'impression d'avoir eu trois vies professionnelles au service d'un projet hors norme. Et j'apprends tous les jours. »

Une manager qui n'oublie pas le fond

Désormais cheffe du CMHM, Émilia Huret passe beaucoup de temps en réunion, à l'écoute de ses collaborateurs : Il faut concevoir les extensions du Laboratoire souterrain pour installer les futures expérimentations, gérer les contrats de creusement des galeries et de constructions de nouvelles installations sur le site, assurer le bon fonctionnement de toutes les installations et superviser leur maintenance, le tout dans des conditions de sécurité drastiques.

« *La vie quotidienne d'une installation telle que le CMHM implique une bonne dose de pragmatisme. Mes qualités de scientifique m'aident à prendre du recul, à observer et à poser un regard neuf sur les enjeux.* » Même si elle occupe aujourd'hui un poste de management, Émilia Huret n'oublie pas la géologie qui la passionne toujours autant. Elle siège au conseil scientifique du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) quand elle ne passe pas ses week-ends ou ses vacances à s'émerveiller devant les formations géologiques.

Et surtout, elle ne se lasse pas de descendre au Laboratoire souterrain, dont la dimension de plus en plus industrielle ne cesse de l'impressionner. « *À 42 ans, grâce à l'Andra, j'ai l'impression d'avoir eu trois vies professionnelles au service d'un projet hors norme. Et j'apprends tous les jours.* » ●



Retrouvez l'intégralité de l'interview d'Émilia Huret, sur **Youtube** <https://bit.ly/3gfQ7iM>





L'Andra au service de l'infiniment petit

Élucider les mystères de l'univers, ses origines, son évolution, tels sont les grands défis du CERN, l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire. Dans son laboratoire, ses fameux accélérateurs de particules ont permis des avancées notables pour la science. Leur fonctionnement entraîne la production de déchets radioactifs, dont le stockage est en partie assuré par l'Andra.

Situé à cheval entre la France et la Suisse, le CERN est le plus grand laboratoire de physique des particules du monde. Ici, des scientifiques du monde entier travaillent sur des installations hors normes. À l'aide d'accélérateurs de particules et d'immenses détecteurs, les physiciens du CERN étudient les constituants fondamentaux de la matière, pour mieux comprendre l'origine de l'univers. Avec 27 km de circonférence, le grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN est ainsi le plus puissant accélérateur du monde. Cet ouvrage souterrain impressionne tant par ses dimensions que par les avancées scientifiques qu'il a permis d'engendrer... notamment la découverte d'une particule élémentaire qui a valu aux théoriciens François Englert et Peter Higgs le prix de Nobel de physique 2013.

D'où proviennent les déchets radioactifs du CERN ?

L'exploitation des accélérateurs du CERN et les expériences qui y sont menées occasionnent la production de déchets radioactifs, notamment des déchets de très faible activité (TFA) et de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC). « Ces déchets proviennent essentiellement des opérations de maintenance préventive et corrective. La majeure partie est constituée de composants,

principalement métalliques, de filtres à air ou encore de déchets technologiques (gants, combinaisons, etc.). Il y a également une quantité importante de câbles, qui servent par exemple à alimenter les accélérateurs en courant électrique. Sans oublier les déchets de démantèlement, comme les bétons des murs ou des sols, lors de la modification ou du remplacement des expériences », explique Gérald Dumont, chef de la section de gestion des déchets radioactifs au CERN.

Selon un accord tripartite, signé en 2010, entre la France, la Suisse et le CERN, les déchets radioactifs produits par l'organisation sont pris en charge par les deux pays hôtes, selon les filières mises en place et en conformité avec leur législation nationale.

En France, le CERN fait appel à l'Andra pour la prise en charge de ses déchets TFA au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires). « Depuis 2012, l'Andra a stocké plus de 2 700 m³ de déchets TFA provenant du CERN, et nous travaillons avec l'organisation pour stocker prochainement ses déchets FMA-VC au Centre de stockage de l'Aube (CSA) [...] », détaille Jean-Baptiste Rioual, chargé d'affaires à l'Andra.

Le CERN anticipe aussi la prise en charge de ses déchets futurs. Il étudie avec l'Agence les solutions

pour réduire le plus en amont possible la production de déchets radioactifs et faciliter leur gestion en aval. « Il s'agit par exemple de choisir les types de matériaux les plus appropriés pour les composants qui constituent les différentes installations du CERN. Nous travaillons aussi à ce que certains composants spécifiques, qui seront à stocker, soient conçus pour répondre aux critères d'acceptation des centres de l'Andra et nous faisons en sorte de réutiliser, dans la mesure du possible, les composants activés pour minimiser la quantité de déchets radioactifs produits », conclut Gérald Dumont. ●

L'Andra et le CERN : des sujets en commun

En 2022, une équipe de spécialistes (incendie, robotique, transfert de connaissance) du CERN a fait le déplacement au CMHM. L'objectif ? Échanger avec l'Andra autour de deux thématiques principales : les robots et la gestion du risque incendie en milieu souterrain. Cette rencontre fait suite à une visite de l'Andra au CERN fin 2021.

« Sous certains aspects, nos problématiques sont communes car une partie des installations du CERN est également située dans un environnement souterrain avec la présence de sources radioactives » explique Guillaume Hermand, ingénieur R&D à l'Andra. Ces échanges fructueux aboutiront probablement à un prochain accord de collaboration. À suivre !



Centrale nucléaire de Brennilis : dernière étape de la déconstruction !

Le démantèlement de la centrale nucléaire de Brennilis, l'une des plus vieilles de France, s'achemine vers sa phase finale. Un véritable défi technologique pour EDF, qui s'est fixé un objectif : préparer l'évacuation de l'ensemble des déchets radioactifs vers les installations de stockage de l'Andra et rendre le terrain compatible avec un état final « tout usage » à l'horizon 2040. Focus sur une installation et un chantier unique en son genre.

Du haut des Monts d'Arrée, en Bretagne, la vue s'étend à l'infini. En direction du sud, un observateur attentif peut apercevoir un dôme de béton, niché au bord du lac de Brennilis : c'est la centrale nucléaire du même nom. Ouvert en 1967, ce prototype unique en France de réacteur modéré à eau lourde et refroidi au gaz carbonique avait été conçu par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), qui a ensuite cédé son exploitation à EDF. C'est l'une des plus vieilles centrales de France. Ce prototype a été expérimenté pendant 18 ans, jusqu'en 1985. Aujourd'hui, son exploitation et la préparation du démantèlement complet continuent de mobiliser 80 personnes sur place et une centaine d'ingénieurs au siège de la déconstruction d'EDF, à Lyon.

Une fois les opérations de mise à l'arrêt définitif effectuées entre 1985 et 1992 (déchargement du combustible, vidange des circuits), EDF a commencé à travailler sur son démantèlement, comme l'exige la réglementation sur les installations nucléaires de base (INB). Il s'agissait de démonter les équipements, d'assainir les structures et les sols, ainsi que d'évacuer les matières et déchets radioactifs.

Cap au cœur du réacteur

À Brennilis, le démantèlement a été conçu en deux phases. La première a duré de 1997 à 2018. Elle a consisté en la déconstruction des bâtiments annexes : bâtiment de refroidissement des combustibles irradiés, station de traitement des effluents, bâtiment de contrôle... Les

composants électromécaniques ont été retirés de ces bâtiments, ainsi que dans l'enceinte autour du « bloc réacteur », et les bétons assainis de leur radioactivité, notamment dans l'ancien bâtiment des combustibles irradiés. Cette première phase a produit 19 000 tonnes de déchets radioactifs (pièces métalliques, béton, terres et gravats) dont environ 14 000 tonnes de très faible activité (TFA), stockés au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de l'Andra dans l'Aube. Quant au combustible nucléaire, il a été entreposé dans des installations dédiées du CEA, dans l'attente d'un mode de gestion définitif.

La seconde phase à venir, plus complexe, vise la déconstruction du « bloc réacteur » qui contient les éléments les plus radioactifs : la cuve et les circuits de refroidissements. Une opération des plus délicates car le réacteur est contenu dans un cube de béton de 20 mètres de côté et de 1,5 mètre d'épaisseur. À l'intérieur, les matériels sont fortement imbriqués dans un espace très restreint.

La cuve, notamment, est parcourue par 216 canaux qui contenaient les combustibles, chacun refroidi par le gaz carbonique, soit près de 15 km de tuyauteries qu'il faut découper. La solution de démantèlement retenue par EDF accorde une large part à la téléopération pour garantir la sécurité et la radioprotection des opérateurs. Toutes les activités à caractère radiologique seront réalisées dans des sas, à l'intérieur même de l'enceinte de béton confinée. Des ouvertures vont être réalisées pour permettre l'introduction des robots qui vont découper l'épaisse cuve de métal, trier les morceaux, les mettre au gabarit et les conditionner dans des colis selon les exigences de l'Andra, avant de les évacuer vers les installations de stockage adaptées. Des opérateurs spécialisés piloteront les robots à distance, depuis l'extérieur, à l'aide de caméras. Une fois le réacteur démantelé, l'enceinte sera déclassée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et pourra être démolie comme n'importe quel bâtiment conventionnel.

Dans l'attente du décret

Étant donné sa complexité, cette seconde phase a fait l'objet d'une enquête publique de novembre 2021 à janvier 2022. « L'enquête a été riche, avec plus de 300 contributions du public. Des visites du site et des réunions techniques avec des experts ont été organisées », explique Jean Cucciniello, le directeur du site. « L'étude d'impact montrait l'absence d'incidence sanitaire et environnementale. »

En mars 2022, la commission d'enquête publique a rendu un avis favorable sans réserve à l'engagement du démantèlement complet de la centrale.

En attendant le décret qui doit accorder les dernières autorisations, un premier contrat de démantèlement a été signé au mois de juin, et un autre est prévu à la fin de l'année. Le chantier pourra donc commencer, il devrait durer jusqu'en 2040 : treize ans pour le démantèlement du réacteur, deux pour l'assainissement de l'enceinte et deux autres pour sa démolition.

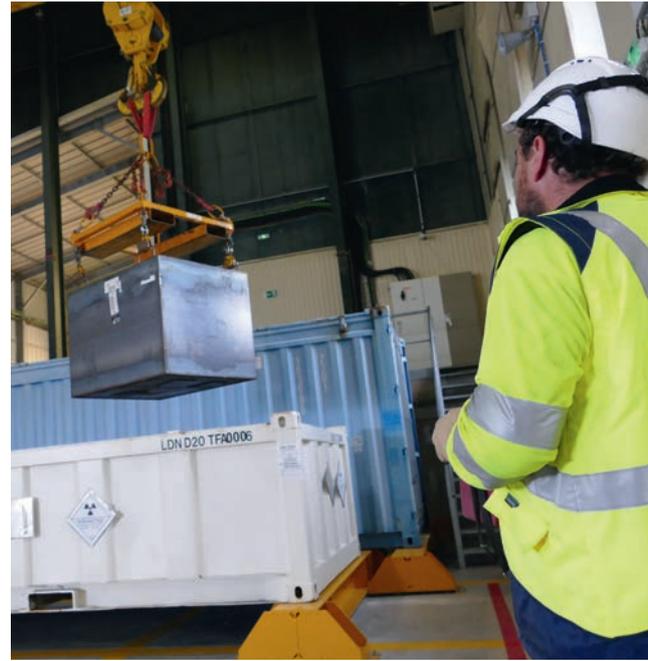
Déchets radioactifs : une gestion optimisée

La seconde phase devrait générer 7 430 tonnes de déchets radioactifs : 6 000 tonnes de déchets TFA qui seront stockés au Cires ; 1 420 tonnes de déchets de faible ou moyenne activité principalement à vie courte (FMA-VC) au Centre de stockage de l'Aube (CSA) ; enfin, 10 tonnes de déchets de moyenne activité à vie longue seront entreposées temporairement dans la nouvelle Installation de conditionnement et d'entreposage de déchets radioactifs activés (Iceda) d'EDF, située sur le site de la centrale du Bugey (Ain).

Mais ces 10 tonnes ne sont qu'une estimation réalisée par des premiers prélèvements à l'intérieur de la cuve. Des prélèvements complémentaires réalisés en 2020/2021 et des mesures supplémentaires de l'activité tout au long du démantèlement pourraient optimiser le stockage des déchets : une partie de ces déchets radioactifs à vie courte pourrait rejoindre le CSA, le reste, de moyenne activité à vie longue (MA-VL), serait destiné au centre de stockage géologique Cigéo. « C'est toute la complexité de l'ingénierie du déchet radioactif, qui consiste à trier le plus précisément possible les déchets en fonction de leur activité », précise Jean Cucciniello.

« Il n'y aura plus de centrale nucléaire »

Quel avenir pour le site après la centrale ? Pour EDF, l'objectif consiste à faire disparaître les bâtiments du



paysage des Monts d'Arrée et à rendre le terrain compatible avec un état final « tout usage ».

Le terrain viabilisé pourrait accueillir une activité industrielle, dans le respect de la réglementation du parc naturel régional d'Armorique, dont la commune de Brennilis fait partie. Mais déjà, un appel à projets a été lancé en septembre 2022, avec la préfecture du Finistère, la communauté de communes et EDF pour la reconversion d'une zone extérieure à l'installation industrielle. « L'enjeu, c'est de créer de la valeur et des emplois pour le territoire, et nous nous en préoccupons dès aujourd'hui », assure Jean Cucciniello. Une chose est certaine : « Il n'y aura plus de centrale nucléaire. » ●

Démantèlement des INB : que dit la réglementation française ?

Toutes les installations nucléaires de base (réacteurs électronucléaires, laboratoires et réacteurs de recherche, usines de production ou de retraitement de combustibles, etc.) doivent être démantelées une fois arrêtées. Le démantèlement incombe aux exploitants des sites. Il est encadré par une réglementation de 2012, qui s'est appuyée sur l'exemple de la centrale de Brennilis, et qui repose sur trois objectifs majeurs : « démanteler sans attendre » pour que les générations futures ne supportent pas le poids du démantèlement ; « démanteler en sécurité », notamment pour les travailleurs, en retirant les substances actives des structures, « protéger [ou préserver au mieux] l'environnement », avec un haut degré d'exigence d'assainissement des sols en vue du déclasserement de l'installation. Un décret, pris après avis de l'ASN, spécifie les exigences de sûreté et environnementales, précise les étapes, la date d'achèvement et l'état final à atteindre.

L'ANDRA

À VOTRE ÉCOUTE !

Au cours de l'année 2022, l'Andra a fait réaliser* deux enquêtes d'opinion auprès des Français et des riverains de ses centres de l'Aube, de la Meuse/Haute-Marne et de la Manche. L'objectif ? Connaître votre avis sur les activités de l'Agence pour l'une et le *Journal de l'Andra* pour la seconde afin de mieux répondre à vos attentes en matière d'information. Gros plan sur les principaux résultats.

QUE PENSEZ-VOUS DES ACTIVITÉS DE L'ANDRA DANS LA MEUSE ET LA HAUTE-MARNE ?

L'Andra, un nom à connaître

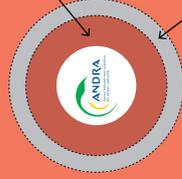


et près de



savent qu'il existe un organisme en charge de la gestion des déchets radioactifs

Plus on est proche, mieux on connaît l'Andra :



62%

des riverains de la zone la plus proche (- de 15 km) identifient l'Andra

contre 25% dans la zone la plus éloignée (+ de 30 km)

Parmi eux

46%

des riverains citent spontanément l'Andra contre 12% pour l'ensemble des Français

Une mission bien identifiée...

76%

des riverains reconnaissent la compétence de l'Andra



75%

considèrent que l'Andra est un organisme au service de l'intérêt général

Les déchets radioactifs présentent des dangers... mais leur gestion est maîtrisée

9 Français sur 10 et

77%

des riverains du centre de Meuse/Haute-Marne sont sensibles au danger que représentent les déchets radioactifs

3 risques majeurs sont identifiés par les répondants de la Meuse/Haute-Marne :



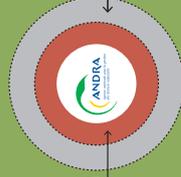
Pour

4 Français sur 10

et près de

6 riverains sur 10

Cigéo, un projet bien identifié...



62% des répondants qui habitent à moins de 15 km du centre déclarent avoir déjà entendu parler de Cigéo

contre 33% pour ceux qui habitent à plus de 30 km

des riverains interrogés considèrent que les activités de l'Andra sont une bonne chose pour le territoire

la gestion des déchets radioactifs est bien maîtrisée

La santé L'environnement

Les difficultés de stockage sur le long terme des déchets radioactifs

42% 25% 21%

De l'importance d'être bien informé... via des sources fiables !

95%

des riverains estiment essentiel d'être informé sur la gestion des déchets radioactifs (comme 91% au niveau national)

66%

des riverains du Centre de Meuse/Haute-Marne, ont déjà lu le Journal de l'Andra

Pour s'informer les riverains du centre font plutôt confiance...



65%

Aux associations de protection de l'environnement



77%

aux scientifiques à l'Andra

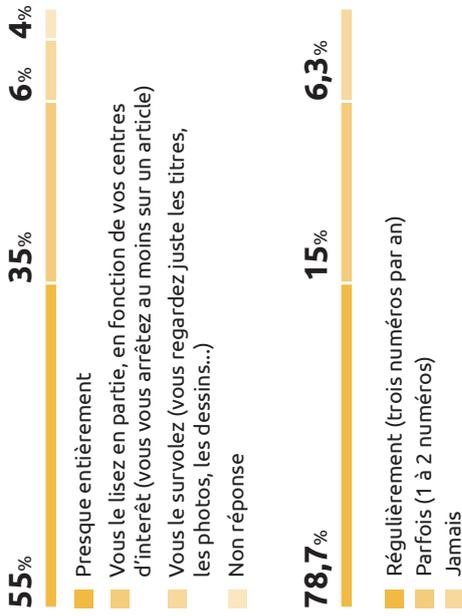


56% et 55%

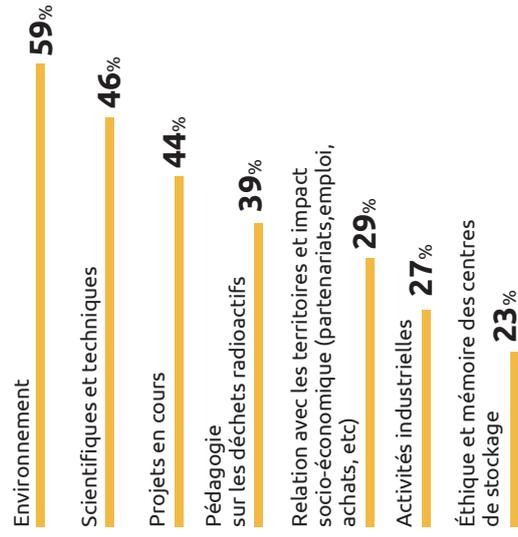
Aux commissions locales d'information et aux élus

QUE PENSEZ-VOUS DU JOURNAL DE L'ANDRA ?

Un journal que vous lisez régulièrement... et de manière assidue !



Les sujets qui vous intéressent...



Les thématiques que vous aimeriez voir traitées :



Le Journal récolte **89% à 98%** d'opinions positives*

*Aspect visuel, intérêt des sujets, pertinence de l'information

LE POINT DE VUE DE L'ANDRA

Les résultats de ces sondages nous incitent à poursuivre nos efforts en matière d'information auprès des riverains. Nous devons prendre en compte les inquiétudes qui sont exprimées en répondant à toutes les questions. Concernant le journal, les propositions recueillies pourront enrichir les prochains numéros en accentuant par exemple les thématiques environnement, sciences ou encore la pédagogie autour des déchets radioactifs.

APPEL À PROJETS

4,4 millions d'euros pour soutenir la filière agricole

Début 2023, l'Andra et 20 partenaires réunis au sein d'un comité de pilotage agricole lanceront un appel à projets aux exploitants et industriels de la filière agricole. Objectifs: soutenir et accompagner la réalisation de projets agricoles innovants dans le cadre de la compensation agricole collective liée au projet Cigéo. Candidatures attendues au printemps 2023.

S'il est autorisé, le projet Cigéo s'implantera à cheval entre la Meuse et la Haute-Marne sur une surface d'environ 665 ha¹, dont 338 ha de surfaces agricoles. « *La disparition de ces surfaces aura un impact sur la filière agricole amont et aval*, explique Emmanuel Hance, ingénieur chargé des opérations foncières à l'Andra. Or, en tant que maître d'ouvrage, l'Andra a l'obligation légale d'évaluer les conséquences du projet et de compenser les pertes d'activités potentielles pour la filière selon le principe « Éviter – Réduire – Compenser (ERC) ».

Le détail de ces impacts a fait l'objet d'une évaluation dans le cadre d'une étude préalable agricole, instruite et validée en 2021 par les commissions de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers et les autorités préfectorales de la Haute-Marne et de la Meuse. Plusieurs modalités de compensation ont été envisagées : « *Soit trouver de nouvelles surfaces (anciens terrains militaires, friches industrielles) pour les reconvertir en surfaces agricoles, ce qui s'est avéré impossible en raison de possibles pollutions ; soit accompagner des projets agricoles et novateurs ; soit constituer un fonds de compensation destiné à soutenir le potentiel économique agricole local.* »

Un fonds dédié à la compensation

C'est cette dernière modalité qui a été retenue : 4,4 millions d'euros

Infospratiques

Vous êtes intéressé et vous souhaitez candidater à l'appel à projets ?
Contactez le **03 29 77 43 25**



seront donc consignés à la Caisse des Dépôts, via la Banque des territoires, partenaire de l'Andra. Objectif : soutenir des projets novateurs et collectifs pour la filière agricole. « *Cette somme ne viendra pas se substituer à des subventions existantes*, souligne Emmanuel Hance, mais servira à accompagner des projets sur le territoire concerné. »

Si l'Andra est responsable de la compensation agricole, elle ne fait pas cavalier seul dans la sélection des dossiers et leur suivi. Elle s'appuie sur un comité de pilotage dédié réunissant acteurs institutionnels², représentants de la filière, mais aussi associations environnementales, soit 21 membres au total. Sa mission : veiller à ce que le fonds soit bien constitué et les critères d'éligibilité des projets respectés.

Des projets innovants et collectifs

Pour participer, plusieurs conditions doivent être réunies, et notamment les projets doivent s'inscrire dans le périmètre géographique précisé par le cahier des charges, ne pas entrer en concurrence avec d'autres activités existantes, être source d'emplois et de retombées économiques pour le territoire. L'appel à projets sera lancé en début d'année 2023 pour permettre aux porteurs de projets de faire part de leur candidature au premier semestre. Pour ceux qui seront sélectionnés, un début d'accompagnement est prévu dès la fin de l'année 2023. ●

1 Surface du centre de stockage Cigéo qui comprend les deux zones de surface, la liaison intersites et l'installation terminale embranchée.

2 Préfecture ; Département ; direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt ; chambre départementale d'Agriculture ; direction départementale des Territoires ; chambre de Commerce et d'Industrie ; Établissement public de coopération intercommunale.

 Pour lire l'étude préalable agricole annexée au dossier de demande de déclaration d'utilité publique de Cigéo : <https://bit.ly/3GMqOLg>





_____ PARRAINAGE _____

Coup de pouce pour le réaménagement du Ravin du génie

En Meuse, au cœur de la forêt d'Argonne, le Ravin du génie et ses nombreux vestiges fournissent un témoignage unique sur la vie quotidienne des soldats durant la Grande Guerre. Une étude est en cours afin de réaménager et valoriser ce site patrimonial exceptionnel, un projet parrainé par l'Andra.

Comme en témoignent les installations militaires d'époque, très bien conservées, le Ravin du génie, situé à 1,5 kilomètre seulement de la ligne de front, servit de base arrière à l'armée française durant les quatre ans du conflit¹. Lieu de mémoire et de visites touristiques depuis les années 1980, le site est niché au cœur de la forêt domaniale de Lachalade, dans un secteur ravagé qui fut reboisé avec des épicéas après la guerre.

En 2018, une violente attaque de scolytes² décima les futaies d'épicéas, qui furent abattues. Cette année, une étude vient d'être lancée pour réaliser un reboisement paysager de ce site à haute valeur patrimoniale. Sollicitée par l'association Argonne Meuse Patrimoine, l'Andra soutient cette étude dans le cadre de ses parrainages, consacrés à des projets locaux en faveur notamment de la découverte et de la protection de l'environnement, de la transmission de la mémoire et de la sauvegarde du patrimoine.

La vie des « poilus » comme si vous y étiez

Le génie militaire français exploita cette vallée encaissée – ce ravin – d'environ un kilomètre de long. Il l'aménagea pour le stockage du matériel et des munitions, la

préparation des offensives sur le front de la Haute Chevauchée et y installa un camp de repos où les combattants reprenaient des forces et étaient soignés. Comme l'explique Jean-Paul Amat, professeur émérite de géographie à Sorbonne Université Lettres et administrateur de l'association Argonne Meuse Patrimoine, « pendant quatre ans, plus de 1 500 personnes ont vécu sur ce site où accueil des soldats et organisation des combats étaient associés. Les cuisines, les réservoirs d'eau, l'abri pour les médecins, la chapelle... nous laissent parfaitement imaginer leur quotidien et la réalité d'une guerre de position. Sur le plan militaire, c'est un des exemples les mieux conservés d'aménagement sur l'ensemble du front français. »

Un nouveau projet qui associe patrimoine et écologie

Aujourd'hui, la destruction des futaies d'épicéas, dont le couvert assurait la protection du site, est envisagée comme une opportunité pour le réaménager. L'enjeu : préserver et mettre en valeur ce patrimoine mémoriel en conciliant gestion forestière, accueil du public, conservation des vestiges et adaptation de la forêt au



changement climatique. « C'est tout l'objet de l'étude en cours », précise Jean-Paul Amat. « L'atelier Paysage de la direction régionale de l'Office national des forêts (ONF) du Grand Est va nous présenter ses propositions. Les vestiges les plus intéressants pourraient par exemple être mis en valeur par de petits enclos de végétation basse, avec des cheminements paysagers pour les relier, une couverture arborescente recréée. » Au-delà de la réflexion paysagère, le projet valorisera aussi le site à travers la recherche forestière, une démarche soutenue par l'Andra. ●

¹ En 1914-1918, ce ravin dit à l'origine « des sept fontaines » était situé dans une zone militaire stratégique entre le front de Champagne et la place fortifiée de Verdun. Il fut rebaptisé « ravin du génie » par les soldats français.

² Ces insectes xylophages (qui se nourrissent de bois) causent de grands ravages aux forêts en raison de l'aggravation de la sécheresse climatique.

#ON VOUS RÉPOND

Séisme à Mulhouse: quel aurait été l'impact sur Cigéo?



Le 10 septembre dernier, un séisme a eu lieu entre Mulhouse et Bâle. Ce n'est pas anormal dans la région où l'activité tectonique du Fossé Rhénan est bien connue et suivie de près par les experts.

Ce séisme, relativement faible, d'une magnitude de 4,9 sur l'échelle de Richter (et son intensité de IV-V sur

l'échelle MSK, qui va jusqu'à XII), n'a occasionné aucun dégât. Toutefois, l'impact qu'aurait pu avoir ce séisme sur Cigéo, dont l'implantation se trouve à 180 km de l'épicentre, a été regardé.

La question du risque sismique est prise en compte par les équipes de l'Andra qui l'étudient depuis de nombreuses années. Ainsi le projet Cigéo a été conçu et dimensionné pour résister aux séismes maximaux historiquement vraisemblables (dit séismes de référence) identifiés dans un rayon de 300 km et susceptibles d'engendrer les intensités les plus fortes sur le site. À titre d'exemple, citons le séisme de Bâle (magnitude de 6,5 et intensité de IX) survenu en 1356 qui détruisit la ville et sert aujourd'hui de séisme de référence en champ lointain.

À titre d'exemple, il est estimé que le séisme de Bâle aurait généré une énergie environ 6 000 fois plus forte que

celle engendrée par le séisme qui s'est produit dans les environs de Mulhouse en septembre¹.

Le Centre de Meuse/Haute-Marne est équipé d'un réseau de stations sismiques extrêmement sensibles permettant aux spécialistes de l'Andra et aux experts du domaine d'analyser précisément chaque mouvement du sol pour s'assurer que les choix retenus par l'Andra en termes de dimensionnement sont robustes et sûrs vis-à-vis du risque sismique. Et le séisme du 10 septembre ne les remet pas en question. ●

¹ Le calcul de magnitude repose sur une échelle logarithmique: une augmentation d'une unité en magnitude correspond à une augmentation d'un facteur au moins 10 de l'amplitude des mouvements du sol.

Pour en savoir plus: <https://bit.ly/3t8FDVy>



#ILS SONT VENUS NOUS VOIR



À l'occasion de la journée portes ouvertes (JPO) 2022 du Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne, un visiteur témoigne :

« L'intérêt du Cigéo Tour effectué lors des portes ouvertes, c'est de voir la grandeur du site. On voit sur les plans, les dessins de la distance que ça peut représenter. »

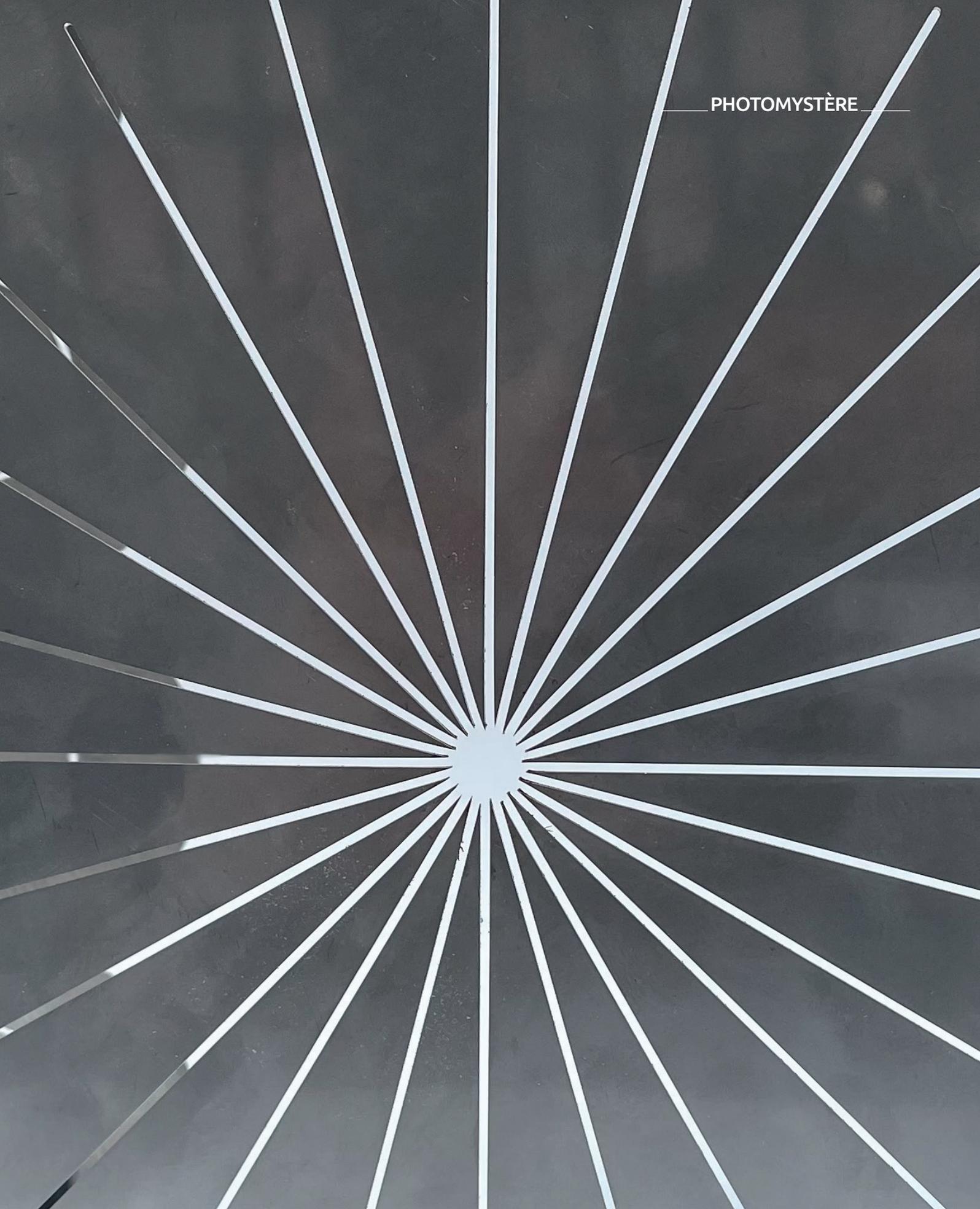


À découvrir en vidéo: <https://bit.ly/3tF1W1Q>



Vous aussi, vous souhaitez mieux comprendre la gestion des déchets radioactifs ?

Contactez-nous au **03 29 75 53 73** ou par mail à visite.55.52@andra.fr



Savez-vous ce que représente cette scène?
La réponse sur <https://bit.ly/3VCoIHx>



ET MAINTENANT, LE LABORATOIRE SOUTERRAIN SE VISITE AUSSI DEPUIS VOTRE CANAPÉ



FLASHEZ CE
QR CODE POUR
ACCÉDER À LA
VISITE VIRTUELLE



Rendez-vous sur <https://bit.ly/3kdcKRW>
pour une visite virtuelle à 360°
du Laboratoire souterrain de l'Andra.
Parcourez ses 2 000 m de galeries à 500 m
sous terre depuis un ordinateur
ou un casque de réalité virtuelle.