

Le journal de l'Andra

N° 35
PRINTEMPS 2020
**ÉDITION
AUBE**

Avec ce journal,
un livret spécial
sur **l'empreinte**
socio-économique
de l'Andra dans l'Aube

Stockage des déchets radioactifs:
la situation à l'international P.11

Covid-19

Ce numéro du *Journal de l'Andra* a été finalisé pendant la période de confinement liée au Covid-19.

Conformément aux instructions gouvernementales, l'Andra a donné la priorité à la santé de son personnel en recourant massivement au télétravail, permettant à la très grande majorité des salariés de poursuivre son activité. L'Agence a ainsi pris la décision de limiter ses activités sur ses sites aux fonctions strictement essentielles. Sur les centres de l'Aube, ont été maintenues les activités liées la surveillance de l'environnement, à la sécurité et au suivi de la sûreté. La prise en charge de déchets radioactifs a pu être assurée pour permettre la continuité de certaines activités essentielles comme la production d'électricité ou les soins (hôpitaux, laboratoires).

Enfin, pour contribuer à l'effort collectif, l'Andra a fait don de masques et d'équipements aux établissements et personnels de santé locaux. Une initiative complétée par des contributions individuelles de salariés : fabrication de masques maison, conception de visières de protection à l'aide d'une imprimante 3D, etc.

À l'heure où ces lignes sont écrites, la reprise progressive des activités et des chantiers sur les différents sites est en préparation, en lien étroit avec les producteurs de déchets et les prestataires de l'Agence.

Le Journal de l'Andra Édition de l'Aube N° 35



Centres industriels de l'Andra dans l'Aube

BP7 - 10200 Soulaines-Dhuys - Tél.: 0 800 31 41 51 - journal-andra@andra.fr

Directeur de la publication : Pierre-Marie Abadie • Directrice de la rédaction : Annabelle Quenet • Rédactrice en chef : Sophie Dubois • Ont participé à la rédaction, pour l'Andra : Antoine Billat, Sophie Dubois, Marie-Pierre Germain, Damien Maury-Tarriet ; pour Rouge Vif : Françoise de Blomac, Fanny Costes, Emmanuelle Crédoz, Joana Maître et Élodie Seghers • Responsable iconographie : Sophie Muzerelle • Crédits photos : DR, Andra, Maxime H/CNDP, Sophie Dubois/Andra, Olivier Douard, Thierry Pochot, Photolia/Alex Tihonov, Adobestock/Chinnapong, Miochaël Zumstein/CEil Public, apopium/stock.adobe.com, Enresa, AEN (OCDE), SKB, Maro-Antoine Martin/Andra, AIEA, V. Renaud, Eric Poirot/Andra, Thesupermat/Creative Commons, Mathieu Saint-Louis/Andra • Dessin : Aster • Infographie : Rouge Vif • Création-réalisation : www.grouperougevif.fr - ROUGE VIF éditorial - 26500 - www.grouperougevif.fr • Impression : La Galote - Groupe Prenant - Siret 332 124 072 000 23 - Imprimé sur du papier issu de forêts durablement gérées, 100 % recyclé dans une imprimerie certifiée imprim'vert • © Andra - 369-35 • DDP/DICOM/20-0019 • ISSN : 2106-8305 • Tirage : 42 700 exemplaires



ABONNEMENT GRATUIT

**POUR ÊTRE SÛR
DE NE RIEN MANQUER,
ABONNEZ-VOUS!**

Édition(s) souhaitée(s) :

- Manche
 Meuse/Haute-Marne
 Aube

**Si vous souhaitez recevoir régulièrement notre journal, merci de retourner ce coupon à :
Le Journal de l'Andra - Édition de l'Aube - BP7 - 10200 Soulaines-Dhuys**

Nom : Prénom :

Adresse :

Code postal : Ville :

Vous pouvez également vous abonner à la version électronique en envoyant vos coordonnées à :
journal-andra@andra.fr, en précisant la ou les édition(s) souhaitée(s).

SOMMAIRE

EN BREF

P. 3/5

L'ACTUALITÉ

P. 6/10

- P. 6 À déchets exceptionnels, autorisations exceptionnelles
- P. 7 Anticipation et adaptabilité, les maîtres mots du stockage
- P. 8 L'utilisation de la radioactivité dans le secteur médical : tout ce qu'il faut savoir
- P. 10 L'Andra, un acteur économique à part entière

DÉCRYPTAGE

P. 11/21

- P. 12 Stockage des déchets radioactifs : une dynamique collective à l'international
- P. 15 Quelles sont les grandes instances de coopération internationale ?
- P. 16 Panorama mondial : où en sont les autres pays ?
- P. 18 Focus sur 3 pays européens
- P. 20 L'Andra partage son expertise
- P. 21 Les sites de l'Andra : un retour d'expérience concret pour les partenaires étrangers

AILLEURS

P. 22

- P. 22 Découverte chez la petite-fille de Marie Curie

OUVERTURE

P. 23

- P. 23 « L'esprit sorcier » de Fred Courant s'empare des déchets radioactifs



GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS : UN 5^e PLAN NATIONAL À VENIR

Le 21 février dernier, le ministère de la Transition écologique et solidaire et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ont rendu leur décision consécutive au débat public qui s'est tenu dans le cadre de la préparation du 5^e Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) en 2019.

Mis en place depuis 2006 et revu tous les trois ans, ce plan permet de dresser le bilan des modes de gestion existants des matières et déchets radioactifs, de recenser les besoins d'installations de stockage et d'entreposage ou encore d'organiser des études pour le futur. Pour cette 5^e édition, son élaboration a fait l'objet d'un débat public. Objectif : échanger avec les citoyens et parties

prenantes pour éclairer les autorités dans leurs futures décisions. « *Le débat a fait ressortir une volonté collective de poursuivre les discussions sur les dimensions éthique et sociétale de la gestion des déchets* », analyse Pierre-Marie Abadie, directeur général de l'Andra. À la suite du débat, le ministère et l'ASN ont défini plusieurs grandes orientations. Ils ont notamment proposé de porter la durée du plan à cinq ans et de « *renforcer la gouvernance* » en élargissant son élaboration et son suivi aux élus et à la société civile, en complément de la participation des associations de protection de l'environnement. Ils invitent également à poursuivre la définition des « *modalités d'association du public aux étapes structurantes du projet*

Cigéo », et « *la R&D sur les voies alternatives de gestion* » ou encore à permettre de « *valoriser, lorsque cela est pertinent, par des dérogations ciblées, certains déchets métalliques de très faible activité* ». La commission nationale du débat public (CNDP) a souligné que la décision des responsables du plan tient compte dans l'ensemble des enseignements du débat. Une fois mise à jour, la 5^e édition du PNGMDR sera soumise à la consultation numérique du public avant la fin de l'année 2020. •



LE POINT DE VUE D'ASTER

Les bienfaits de la médecine nucléaire



En France l'imagerie médicale est devenue la deuxième source d'exposition aux rayonnements ionisants, après les rayonnements naturels. Si les bénéfices de la médecine nucléaires sont indéniables... gare aux risques de surexpositions (cf. pp. 8 et 9)!

Quels sont les volumes de déchets radioactifs produits en France ?

La réponse est à retrouver dans *Les Essentiels 2020 de l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs*.

Ce document réalisé par l'Andra rend compte de l'évolution des volumes de matières et déchets radioactifs produits en France (sur la base des déclarations faites par leurs détenteurs à fin 2018). Mis à jour chaque année, l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* est un outil précieux pour le pilotage de la politique de gestion des matières et déchets radioactifs. Tous les trois ans, ce travail est complété par des « inventaires prospectifs » qui fournissent des estimations des quantités de matières et déchets selon différents scénarios liés au devenir des installations nucléaires et à la politique énergétique de la France à long terme. *Les Essentiels 2020* et l'ensemble des données de l'inventaire sont disponibles sur le site web dédié : www.inventaire.andra.fr •

Réunion publique de la commission locale d'information: les eaux souterraines en question

Environ 80 personnes ont assisté, le mercredi 11 décembre 2019, à la réunion publique de la commission locale d'information (Cli) de Soulaines qui portait sur l'analyse des eaux brutes de la commune de Ceffonds et la situation géologique et hydrogéologique du Centre de stockage de l'Aube et de ses environs.

Sous la présidence de Philippe Pichery, président du conseil départemental de l'Aube, cette réunion a démarré par l'intervention d'un hydrogéologue indépendant, Emmanuel Soncourt, sur l'environnement hydrogéologique autour du Centre de stockage de l'Aube (CSA). Sa présentation a permis d'expliquer de façon pédagogique et de montrer, en s'appuyant sur des données scientifiquement prouvées, que la présence de radioactivité dans certains captages d'eau du territoire ne pouvait être liée aux activités de l'Andra dans l'Aube. L'Agence régionale de santé (ARS) a poursuivi par une présentation de l'organisation mise en place sur le territoire pour garantir la qualité de l'eau distribuée. L'ARS a également précisé que les quelques dépassements de valeurs guides en alpha global observés sur certaines stations étaient dus uniquement à la présence de radioactivité naturelle. Toutes ces explications et démonstrations ont confirmé et légitimé les réponses apportées par l'Andra dès l'apparition des premiers questionnements sur le sujet au printemps 2019. •



Plus d'infos sur
aube.andra.fr

LE CONCOURS PHOTO « CAPTURE TON PATRIMOINE INDUSTRIEL » JOUE LES PROLONGATIONS

Tu as entre 12 et 25 ans et tu es fan de photo? Tu as jusqu'au 31 août 2020 pour participer au concours « Capture ton patrimoine industriel ».

Ce concours est l'occasion pour toi de t'intéresser au patrimoine industriel de ta région Grand Est et de réaliser l'importance de la préservation de la mémoire des sites et de leur transmission entre les générations. Lancé par l'Andra et le Centre pour l'Unesco Louis-François de Troyes, il bénéficie, pour sa 2^e édition, du partenariat de la Fnac, séduite par l'initiative et le talent des jeunes photographes.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur la page Facebook et sur le compte Instagram @capturetonpatrimoine industriel dédiés au concours. •



LE MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT DE BASSE-SAXE VISITE LES CENTRES DE L'ANDRA

En janvier dernier, les centres de l'Andra en Meuse/Haute-Marne (CMHM) et dans l'Aube ont accueilli une délégation allemande menée par Olaf Lies, ministre de l'Environnement du Land de Basse-Saxe. Sa venue en France, après un voyage en Finlande, s'est effectuée dans le cadre d'une découverte de la gestion des déchets radioactifs en Europe.

Au CMHM, le ministre allemand a particulièrement été intéressé par les explications sur le projet Cigéo, les expérimentations sur le stockage en couche argileuse ainsi que par le programme de dialogue avec la société et de concertation mis en place par l'Andra.

Au Centre de stockage de l'Aube, la visite des installations a permis à la délégation de découvrir un site en exploitation. Les relations de l'Andra avec le territoire étaient aussi au cœur des échanges. •





Centres de l'Aube : toujours plus de visiteurs !



En 2019, les centres industriels de l'Andra dans l'Aube ont accueilli 3 900 visiteurs. Un chiffre qui confirme leur intérêt pour voir et comprendre comment sont gérés les déchets radioactifs.

Les installations de stockage des déchets radioactifs du Centre de stockage de l'Aube (CSA) et du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) ont de quoi attiser la curiosité. Chaque année, des milliers de visiteurs viennent les découvrir. En 2019, ils sont 3 900 à avoir franchi les portes des centres (2 398 au CSA et 1 502 au Cires). C'est 9 % de plus qu'en 2018 (3 574). Moment fort de l'année, la Journée portes ouvertes a contribué à une bonne part de l'affluence (877 visiteurs).



Des visiteurs locaux... et internationaux

Qui sont les visiteurs des centres de l'Andra ?

Le grand public (40 %) et le monde de la recherche et de l'enseignement (39 %) représentent la majorité des visiteurs. Suivis des professionnels de la filière nucléaire (9 %) et des associations (8 %).

Près de 70 % d'entre eux sont originaires de la région Grand Est, 15 % de la région parisienne et 8 % sont des visiteurs étrangers. Une dizaine de nationalités ont ainsi été accueillies en 2019.

En 2020, l'Andra poursuit son programme d'accueil et d'information. Si vous aussi vous souhaitez découvrir les centres de l'Aube, n'hésitez pas à prendre contact auprès des services de l'Andra : comm-centresaube@andra.fr •

PRISE EN CHARGE DES DÉCHETS TFA : SIGNATURE D'UN NOUVEAU CONTRAT AVEC LES PRODUCTEURS

L'Andra vient de renouveler son contrat avec EDF, Orano et le CEA pour la prise en charge, sur le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), de leurs déchets de très faible activité (TFA) sur la période 2020/2024.

La situation particulière qui impose l'Andra comme unique stockeur aux producteurs de déchets nécessite de mettre en œuvre une collaboration étroite et constructive pour travailler en confiance. L'Andra a tout d'abord tenu à « *jouer la transparence avec les producteurs en faisant réaliser par un organisme tiers un audit des coûts de l'activité sur la période du contrat passé* », explique Patrice Torres, directeur des opérations industrielles et des centres de l'Andra dans l'Aube. Base sur laquelle les producteurs de déchets et l'Andra se sont appuyés pour discuter des aspects techniques et opérationnels des futurs besoins de prise en charge des déchets, mais aussi pour établir des prévisions pour les années à venir (volumes des déchets, planning...). Ces échanges ont permis d'aboutir à la signature de deux contrats : d'un côté, la révision du contrat global qui couvre toute la durée d'exploitation du Cires. Ce nouveau contrat

a en particulier permis de revoir toutes les hypothèses et prévisions de volume émises au démarrage du stockage des déchets TFA en 2003 et qui n'avaient pas été mises à jour depuis. Cette révision a également permis d'intégrer les évolutions nécessaires en lien avec le projet d'augmentation de capacité du Cires (projet Acaci*) qui vise à porter la capacité autorisée du centre à plus de 900 000 m³. Et de l'autre côté, un contrat plus opérationnel qui fixe les conditions techniques et financières des prises en charge des déchets TFA. De quoi offrir une bonne visibilité à tous et faciliter l'accomplissement de leurs missions respectives. •

** Projet Acaci : la demande d'autorisation d'augmenter la capacité de stockage du Cires sera déposée en 2022.*





À DÉCHETS EXCEPTIONNELS, AUTORISATIONS EXCEPTIONNELLES

Même s'ils sont peu nombreux, certains déchets radioactifs n'entrent pas dans les procédures ordinaires d'autorisation et de gestion. Pour être stockés en toute sûreté aux centres de l'Aube, leur taille, leur forme ou encore leur nature impliquent une prise en charge spécifique.



Le 6 novembre 2019, le 56^e couvercle de cuve est arrivé au CSA. Il a été transporté en convoi exceptionnel et stocké dans un ouvrage dédié.

Des couvercles de cuve de réacteurs de 5 m de diamètre, des protections neutroniques latérales pesant plus de 25 tonnes, des tubes-guides de grappes utilisés pour le maniement des combustibles dans les centrales nucléaires, mais également certaines sources scellées utilisées dans le domaine médical, des lourds blocs de béton liés au démantèlement... Tous ces déchets radioactifs non standard, de très faible activité (TFA) ou de faible et moyenne activité principalement à vie courte (FMA-VC) doivent, pour pouvoir être stockés en toute sûreté, faire l'objet d'une autorisation spécifique de prise en charge qui peut prendre plusieurs mois. C'est le temps nécessaire pour démontrer aux autorités de sûreté que leur prise en charge au CSA (Centre de stockage de l'Aube) ou au Cires (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage) n'aura pas d'impact sur la sûreté en exploitation et à long terme du site. « Ce sont les producteurs qui demandent à l'Andra de prendre en charge ces déchets. L'Andra examine la demande et prépare le dossier d'instruction pour l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire),

qui le traite avec l'appui technique de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Tout se fait en lien permanent avec le producteur » explique Jérôme Robin, responsable du pôle sûreté colis à l'Andra.

Impact et sûreté passés au crible

Caractéristiques, conditionnement, organisation du transport et modalités de prise en charge et de stockage, sûreté sur le long terme... de nombreux détails sont étudiés par l'Andra avec la contribution du producteur avant que l'ASN puisse autoriser la prise en charge d'un déchet non standard. Les centres de l'Aube ont été conçus et autorisés pour recevoir une quantité de radioactivité qui ne doit pas être dépassée. Les producteurs doivent donc décrire la liste et les proportions des radionucléides et des éléments toxiques contenus dans ces déchets. Une caractérisation qui permet de valider l'admission d'un déchet au CSA ou au Cires, et d'évaluer son impact environnemental. Ces colis doivent également être compatibles avec les prévisions définies par l'Andra et validées par l'ASN concernant la sûreté

des sites au-delà de leur période d'exploitation et de surveillance. La dimension de ces déchets peut également être un défi. Par exemple, la prise en charge des couvercles de cuve des réacteurs EDF a impliqué la construction d'ouvrages spécifiques, capables chacun de recevoir douze couvercles. Un pont de manutention, des camions de transport aux dimensions exceptionnelles, une plateforme qui permet l'injection du mortier d'immobilisation directement dans l'ouvrage sans dispersion de radionucléides... Tous les équipements doivent être adaptés.

Une fois le colis de déchets accepté, un dossier administratif en assure le suivi et la conformité par rapport aux exigences définies et validées par l'ASN. « C'est le cheminement qui a été nécessaire par exemple pour prendre en charge des déchets de très faible activité provenant d'une usine d'Orano à Malvézi. L'Andra a demandé à la Dreal* l'autorisation de les stocker au Cires selon un nouveau procédé qui n'existait pas au moment où le site a reçu son autorisation d'exploitation », précise Jérôme Robin. Seuls quelques dossiers sont étudiés chaque année, car ces déchets restent exceptionnels. De nouveaux sont attendus dans les prochaines années, qui ont déjà fait l'objet d'une autorisation, ou qui seront étudiés prochainement. Pour chaque déchet autorisé, le CSA et le Cires s'adaptent sans abaisser leur niveau d'exigence, dans un dialogue à trois indispensable entre le producteur, l'Andra et les autorités de sûreté. •

* Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement. Le Cires étant une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE), il est contrôlé par la Dreal.



BILAN D'EXPLOITATION 2019

ANTICIPATION ET ADAPTABILITÉ, LES MAÎTRES MOTS DU STOCKAGE

L'an dernier, les centres de l'Aube ont reçu des volumes de colis de déchets comparables à ceux de 2018. L'année 2019 a toutefois été marquée par la réception et le stockage de colis de déchets de grandes dimensions sur les deux sites. Des prises en charge qui ont été possibles grâce à une anticipation et une adaptabilité des équipes de l'Andra.

Parmi les déchets accueillis en 2019, certains avaient la particularité d'être de grandes dimensions. C'est le cas notamment du couvercle de cuve de réacteur provenant de la centrale EDF de Chooz A en cours de démantèlement qui a été livré et stocké au CSA en novembre 2019. Au Cires, ce sont des emballages de transport obsolètes d'Orano (2,50 m de diamètre, 6 m de longueur et 90 tonnes) utilisés pour le transport de combustibles qui ont été réceptionnés et stockés dans une alvéole dédiée aux déchets de grandes dimensions. L'Andra adapte ses conditions d'acceptation à un contexte qui change. « Avec le démantèlement des installations nucléaires qui va s'accélérer, nous allons recevoir de plus en plus de déchets volumineux. Les producteurs nous demandent de prendre en charge les pièces en l'état, c'est-à-dire sans qu'elles soient conditionnées au préalable dans des emballages standard », explique Laurent Schacherer, en charge de l'exploitation des deux centres industriels de l'Andra dans l'Aube. Les opérations de découpe sont en effet onéreuses, chronophages et parfois risquées pour le personnel en charge de ce travail. La mise en service au Cires de l'alvéole dédiée au stockage des déchets de grandes dimensions répond ainsi à un besoin des producteurs. « Mais le respect de nos spécifications et de nos exigences reste la condition sine qua non nous permettant de garantir la sûreté du stockage sur le long terme et la protection de l'homme et de l'environnement. »

S'adapter aux demandes qui évoluent en cours d'année

Au-delà d'une adaptation à un contexte qui change, l'Andra montre aussi sa capacité à prendre en compte des

demandes des producteurs qui évoluent au fil des mois par rapport aux demandes initiales. « Afin de planifier les livraisons et le stockage des colis de déchets, les producteurs de déchets fournissent chaque année et pour chacun des sites, leurs prévisions de livraisons, par typologie de colis (fûts ou caissons métalliques, coques ou caissons en béton, casiers, big-bags...), pour les trois années à venir. Puis chaque mois, les plannings sont arrêtés pour le mois suivant », précise Laurent Schacherer. C'est ainsi que l'Andra observe des fluctuations entre les prévisions annoncées en début d'année et les livraisons réellement effectuées au cours de cette même année. « Cela fait partie des incertitudes habituelles que nous savons gérer en adaptant nos stratégies d'exploitation. À titre d'exemple, en 2019, nous avons pris en charge sur le CSA plus de 15 000 fûts à compacter* alors que les prévisions annuelles de début d'année n'étaient que de 10 000 », continue le responsable de l'exploitation des centres de l'Aube.

Des outils industriels performants

La capacité de répondre aux demandes des producteurs passe aussi par un souci d'amélioration continue des outils industriels. Ainsi, en 2019, au Cires, le traitement des déchets issus des activités non électronucléaires (laboratoires, hôpitaux, universités...) a connu un gain de production significatif grâce à l'amélioration des performances des procédés du bâtiment de tri/traitement. Au CSA, l'année a été marquée par la mise en service de plusieurs ateliers et équipements permettant de contrôler directement sur le site la conformité des colis livrés : radiographies par rayons X, inventaires, mesures de dégazage, prélèvement d'échantillons par carottage. « En fonction depuis un an, l'installation contrôle colis a atteint les performances attendues et répond aux objectifs que nous nous étions fixés », se félicite Laurent Schacherer.

* Avant d'être stockés, certains colis contenant des déchets compactables (chiffons, combinaisons de protection, gants...) sont compactés dans une presse afin de réduire leur volume.

> VOLUMES DE COLIS DE DÉCHETS STOCKÉS EN 2019

Au CSA
(Centre de stockage de l'Aube)



11 220 m³
de déchets FMA-VC

À fin 2019, **34,5 %**
de la capacité de stockage autorisée
(1 000 000 m³) étaient atteints

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



25 761 m³
de déchets TFA

À fin 2019, **61 %**
de la capacité de stockage autorisée
(650 000 m³) étaient atteints



MÉDECINE NUCLÉAIRE

L'UTILISATION DE LA RADIOACTIVITÉ DANS LE SECTEUR MÉDICAL : TOUT CE QU'IL FAUT SAVOIR



Chaque année, certains d'entre nous passent une radio ou un scanner, ou doivent suivre un traitement par radiothérapie. Mais savez-vous d'où viennent ces procédés et comment ils agissent sur nos corps? Autant d'informations nécessaires pour comprendre leurs bienfaits mais aussi leurs impacts.



administrer au patient et en petite quantité, une substance radioactive émettrice de rayonnements gamma (ou « traceur radioactif »), qui se fixe sur l'organe ou le tissu à explorer. La TEP utilise quant à elle des émetteurs de positons, et facilite notamment le dépistage précoce des cancers et leur suivi.

La découverte des rayons X en 1895 (par Wilhelm Röntgen) puis le développement de l'usage de la radioactivité artificielle dans les années 1930 ont révolutionné la médecine. Au fil du temps et des découvertes, les procédés et instruments associés ont été améliorés et se sont multipliés jusqu'à devenir une spécialité : la médecine nucléaire. Quelles sont les principales techniques utilisées et à quelles fins ?

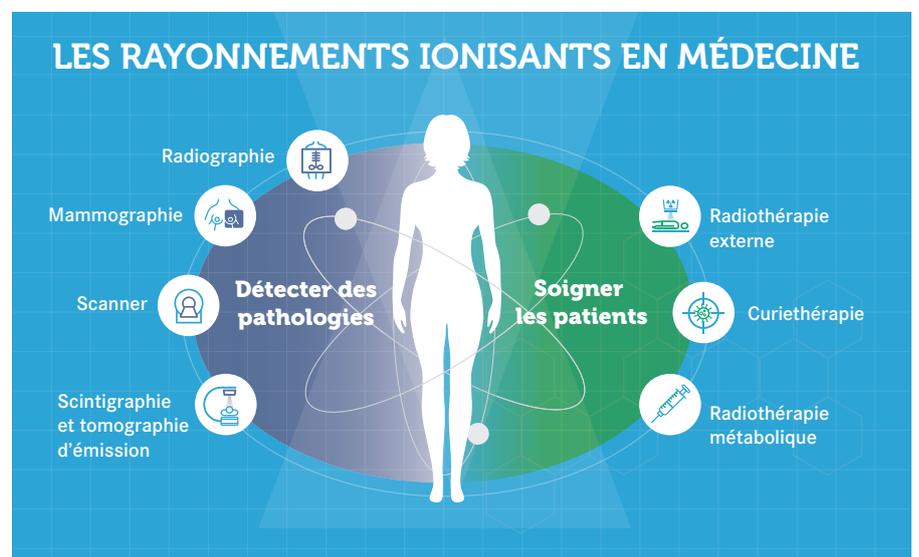
Il existe aussi des méthodes d'imagerie dite « fonctionnelle », qui permettent d'observer la structure et le fonctionnement d'un organe et de détecter inflammations, infections ou tumeurs. Les deux techniques les plus courantes sont la scintigraphie et la tomographie par émission de positons (TEP). La première consiste à

Rayonnements : des traitements de plus en plus ciblés

Les radioéléments sont également utilisés pour traiter des maladies. Les cancers en priorité. Diverses techniques de radiothérapie se sont ainsi développées, utilisant différentes sources radioactives. Leur principe est commun : irradier les cellules

Un diagnostic optimal

L'imagerie médicale (radiologie) est sans doute celle qui a le plus bénéficié des recherches. Pour détecter fractures ou anomalies, la radiographie et le scanner ont vu le jour. Tous deux utilisent des rayons X, c'est-à-dire des rayonnements électromagnétiques de haute puissance. Capables de traverser le corps, ils atteignent ensuite le film photosensible dont est équipé un appareil de radiographie, ou les capteurs de scanners, pour produire des images des tissus à analyser. On parle ici d'imagerie morphologique.





cancéreuses pour altérer leur ADN, les empêcher de se multiplier, et finalement les détruire, tout en préservant le mieux possible les tissus sains et les organes avoisinants. Les professionnels de santé peuvent avoir recours à des méthodes de radiothérapie externe, de protonthérapie ou de curiethérapie. Les deux premières consistent à irradier les cellules *via* une source située à distance du patient ; la seconde, à introduire les sources radioactives directement au contact ou à l'intérieur de la tumeur (radiothérapie métabolique). •

EN FRANCE

le secteur médical représente **35 %** de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants (source IRSN - www.irsn.fr)

MÉDECINE ET DÉCHETS RADIOACTIFS : QUEL EST LE RÔLE DE L'ANDRA ?

Les établissements de santé utilisant des radionucléides sont tenus de transmettre chaque année à l'Andra un inventaire des déchets radioactifs qu'ils détiennent. Les déchets contaminés (effluents liquides ou gazeux, aiguilles, gants, compresses, tubes, etc.) sont conditionnés dans des emballages adaptés. S'ils contiennent ou sont contaminés par des radionucléides de période* radioactive inférieure à 100 jours, ils seront entreposés sur place dans des locaux spécifiques jusqu'à ce que leur radioactivité ait spontanément disparu, avant d'être éliminés comme des déchets non radioactifs.

Les déchets dont la période radioactive est supérieure à 100 jours sont quant à eux collectés par l'Andra puis regroupés au Cires (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage) avant d'être traités, conditionnés, puis, selon leur catégorie, soit stockés soit entreposés pour les déchets ne disposant pas encore de solution de stockage.

*période radioactive (ou demi-vie) : temps nécessaire pour que la moitié des atomes se désintègrent naturellement.



Michel Bourguignon

Professeur de biophysique et médecine nucléaire (Université Paris Saclay – UVSQ) et ancien commissaire de l'ASN

« GARE AUX RISQUES DE SUREXPOSITION »

Comment les rayonnements ionisants ont-ils fait évoluer la médecine ?

Michel Bourguignon : Qu'il s'agisse de prévention, de détection ou de traitement, la médecine s'est vue enrichie grâce aux techniques utilisant les rayonnements ionisants : rayons X et radioactivité. Avant les techniques d'imagerie développées en radiologie et en médecine nucléaire notamment, on pouvait attendre des semaines pour avoir un diagnostic. Et l'usage des rayonnements continue de se développer vers des actes radioguidés, par exemple chirurgicaux, plus précis et moins invasifs.

Pour autant, vous expliquez que l'utilisation des rayonnements ionisants n'est pas anodine...

M. B. : Effectivement. Même si la balance bénéfice risque est indéniable, ces différentes techniques exposent les patients à des doses de radiation qui, si elles se répètent et/ou sont trop importantes, peuvent engendrer des effets néfastes pour la santé. En France par exemple, l'imagerie médicale est devenue la première source d'exposition aux rayonnements ionisants, devant les rayonnements naturels.

Que fait-on pour contrôler l'utilisation des techniques irradiantes en médecine ?

M. B. : Pour l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), en charge du contrôle de la radioprotection dans le domaine médical, comme pour les professionnels de santé et les associations de protection des patients, l'objectif est clair : il faut maîtriser ces expositions. C'est pour cette raison que deux grands principes doivent guider tout recours à ces techniques, notamment pour l'imagerie : justification et optimisation. C'est pourquoi la réglementation oblige les médecins à justifier leur demande et les radiologues à la confirmer, à optimiser la réalisation de l'examen et à donner des informations sur les doses de rayonnements délivrés. De plus, un guide du bon usage des examens d'imagerie médicale (justification) ainsi qu'un guide des procédures (optimisation) ont été mis au point par les professionnels à la demande de l'ASN. Au-delà, il faudra augmenter le parc d'imagerie médicale à résonance magnétique (IRM), une technique qui se substitue de mieux en mieux au scanner et n'émet pas de rayonnements ionisants.

Comment sensibiliser les patients à cette question ?

M. B. : Si l'investissement dans du matériel moderne et adéquat et l'implication des médecins sont indispensables, la vigilance des patients et leur confiance envers les professionnels de santé sont aussi centrales. Pour soigner une fracture de l'avant-bras, il suffit de faire une radio, réduire la fracture, mettre un plâtre et attendre environ 6 semaines pour que ça se répare. Pas la peine de faire une radio toutes les semaines !



DÉVELOPPEMENT LOCAL

L'ANDRA, UN ACTEUR ÉCONOMIQUE À PART ENTIÈRE

Quelle est l'empreinte socio-économique des centres de l'Andra dans l'Aube? C'est ce que l'Agence a cherché à savoir en menant une étude via un cabinet spécialisé. Patrice Torres, directeur des centres industriels de l'Andra dans l'Aube, revient sur les principaux résultats et enseignements de cette étude.



Dans le département de l'Aube, 557 emplois sont soutenus par les activités de l'Andra.

À quelles fins l'Andra a-t-elle fait réaliser cette étude?

Patrice Torres: Lorsque l'on évoque l'« empreinte » de l'Andra sur son territoire d'accueil, on désigne la plupart du temps son empreinte environnementale, et c'est bien logique. Mais l'Agence a aussi des impacts socio-économiques qui nécessitent d'être évalués de façon objective avec des méthodes reconnues. En 2012, l'Andra avait déjà commandé une étude de ce type et nous avons souhaité renouveler l'exercice pour mettre à jour nos données. Cette nouvelle étude livrée en 2019 a été réalisée par le cabinet Utopies qui a analysé les données de 2018.

Nous sommes par ailleurs souvent interrogés par des représentants de pays ayant un projet de gestion de leurs déchets radioactifs. Ils souhaitent connaître les impacts socio-économiques locaux de nos activités industrielles pour répondre aux interrogations de leurs populations. Combien d'emplois seront créés? Quelles seront les retombées financières? Ce sont des questions légitimes que se posent les riverains de toute future installation industrielle. Enfin, ce type de données peut apporter un éclairage utile aux collectivités locales dans le cadre de la gestion de leur territoire.

Quels sont les principaux enseignements de cette étude, concernant les territoires de l'Aube?

P. T.: Sans aucun doute, les centres de l'Aube ont un impact réel et positif sur la création d'emplois pérennes. Par exemple, à l'échelle de la communauté de communes de Vendevre-Soulaines, les 362 emplois soutenus par les activités de l'Andra représentent 17 % des emplois de ce territoire. À l'échelle

du département de l'Aube, le nombre d'emplois soutenus est de 557.

Je retiens que les activités de l'Andra dans l'Aube représentent une vraie plus-value au bénéfice des territoires d'implantation. Il s'agit d'un impact en progression constante et durable, puisqu'on constate davantage d'emplois en 2018 qu'en 2012, à l'échelle du département de l'Aube, qu'ils soient directs (189 en 2012 contre 231 en 2018) ou indirects/ induits (92 contre 218).

La nouveauté de cette étude, usant d'outils algorithmiques (cf. encadré) est d'avoir analysé les retombées « catalytiques », c'est-à-dire les activités dont l'existence ou le développement dépend de la présence de l'Andra (108 emplois dans l'Aube).

Avez-vous été surpris par certains résultats?

P. T.: Nous ne nous attendions pas à une évolution aussi élevée sur l'emploi (557 à l'échelle du département de l'Aube). Autre donnée notable qui ressort de cette étude : la richesse créée exprimée en PIB* par habitant pour la communauté de communes de Vendevre-Soulaines est de 17 869 € contre 12 685 € si l'Andra n'était pas implantée sur ce territoire. •

*Produit intérieur brut.

MÉTHODOLOGIE

Cette étude a été réalisée à l'aide de Local Footprint®, un outil très performant leader sur le marché français des études d'impact économique. Il mesure les impacts directs, indirects et induits sur différents niveaux géographiques (du plus local au national).

En prenant en compte près de 100 indicateurs (démographie, activités économiques, tourisme, conditions de vie, etc.), il permet de réaliser un diagnostic complet. « *L'économie locale a été reproduite en version numérique*, explique Arnaud Florentin, directeur associé d'Utopies, avec la possibilité de jouer sur des variantes, en retirant l'apport lié à l'Andra par exemple, pour voir comment les résultats s'en trouvent modifiés. »



Stockage des déchets radioactifs : la situation à l'international



Les pays qui utilisent les propriétés de la radioactivité, que ce soit pour produire de l'énergie, pour la médecine et la recherche, ou pour certaines activités industrielles ou militaires, sont tous confrontés à cette même responsabilité : gérer en toute sûreté et sécurité, sur le long terme, les déchets générés par ces activités, dont certains resteront radioactifs pendant plusieurs centaines de milliers d'années. Si la maturité des filières de stockage des déchets radioactifs varie d'un pays à l'autre, la coopération internationale est indispensable. Pilotage de projets internationaux, accueil et formation d'experts étrangers, partage et transfert de connaissances... L'Andra participe activement à cette coopération et partage son savoir-faire et son expérience.



Une dynamique collective

Des organisations très rigoureuses de gestion des déchets radioactifs existent un peu partout dans le monde. Si certains pays sont plus avancés que d'autres, tous convergent vers les mêmes solutions, et des progrès très importants ont été faits ces dernières décennies. État des lieux.



Centre de stockage d'El Cabril en Espagne.

D'où proviennent les déchets radioactifs produits sur notre planète ? Pour la majorité d'entre eux, des 452 réacteurs nucléaires en fonctionnement dans le monde. Ils produisent trois types de déchets radioactifs : les déchets liés à leur exploitation et à leur maintenance comme des vêtements, des outils, des ferrailles ou des gravats (majoritairement de faible et moyenne activité à vie courte [FMA-VC] et de très faible activité [TFA]), les combustibles nucléaires usés et les déchets issus de leur retraitement lorsque les pays ont fait ce choix (déchets de moyenne activité à vie longue [MA-VL] et de haute activité [HA]), enfin les déchets de démantèlement des installations nucléaires (majoritairement TFA et FMA-VC).

Tous les pays ne sont pas producteurs d'énergie nucléaire, cependant, tous utilisent la radioactivité dans d'autres secteurs d'activité qui génèrent eux aussi, parfois indirectement, des déchets radioactifs : la

recherche, le secteur médical et l'industrie. « *Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte sont de loin les volumes les plus conséquents de déchets radioactifs produits dans le monde* », précise Stefan Mayer de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). *Les déchets les plus dangereux (HA) correspondent à un très faible pourcentage de ce volume, mais représentent la quasi-totalité de la radioactivité, comme c'est le cas en France.* »

Des contextes variés de mise en œuvre

Si la grande majorité des pays a opté pour une classification des déchets selon leur niveau d'activité (très faible, faible, moyenne ou haute activité) et leur durée de vie (très courte, courte ou longue), plusieurs facteurs influent sur la mise en œuvre d'une gestion à long terme des déchets radioactifs.

Le nombre de réacteurs, en premier lieu. Très variable d'un pays à l'autre, il implique des stocks de déchets plus ou moins importants à gérer. On compte

par exemple 99 réacteurs en fonctionnement aux États-Unis, un réacteur en Arménie, en Iran ou aux Pays-Bas. La France, pour sa part, disposait de 58 réacteurs nucléaires en fonctionnement fin 2019. Par ailleurs, certains pays ont fait le choix de retraiter le combustible usé des centrales nucléaires pour le réutiliser en partie (ainsi 96 % sont extraits et gérés comme matière valorisable et 4 % considérés comme déchets), d'autres le considèrent entièrement comme un déchet radioactif ultime.

L'environnement géologique conditionne également le mode de stockage : argile, granite, sel ou calcaire, situé à plus ou moins grande profondeur...

Enfin, l'orientation des politiques énergétiques est un facteur important dans l'élaboration des stratégies de gestion des déchets radioactifs.

À l'heure où certains pays renoncent à l'énergie nucléaire (Corée du Sud, Belgique, Suisse ou encore Espagne - voir pages suivantes) d'autres développent ou engagent leur programme électronucléaire : la Chine,



les Émirats arabes unis, l'Inde, l'Égypte, l'Arabie saoudite, la Turquie... Mais quels que soient leurs choix techniques et politiques, l'ensemble des acteurs est mobilisé autour d'une responsabilité commune : assurer une gestion sûre des déchets radioactifs, comme l'observe Daniel Delort, responsable du service des relations internationales de l'Andra : *« Les nouveaux entrants dans l'industrie électronucléaire intègrent très tôt la problématique de gestion à long terme des déchets. Les pays qui ne sont pas nucléarisés et qui ne peuvent donc pas compter sur des ressources financières futures du nucléaire pour gérer leurs déchets, décident quant à eux d'agir dès maintenant et s'impliquent dans des programmes de recherches et des projets internationaux : l'Australie, la Malaisie, la Norvège. De la même manière, les pays qui ont résolument décidé de sortir du nucléaire et de démanteler à plus ou moins long terme leurs centrales poursuivent ou relancent activement leurs programmes de gestion des déchets radioactifs. »*

Une convergence des solutions

Dès le début de l'utilisation des technologies nucléaires, il y a soixante ans, les pays nucléarisés se sont engagés progressivement dans une réflexion sur la gestion des déchets radioactifs. *« Aujourd'hui, on dispose de l'expérience et des compétences pour mettre en œuvre des systèmes très rigoureux de gestion des déchets radioactifs »,* constate Stefan Mayer. Ils se traduisent dans la grande majorité des cas, par l'adoption de deux solutions : le stockage en surface pour les déchets TFA et FMA-VC et le stockage géologique pour les déchets les plus dangereux, MA-VL et HA. *« C'est le cas en France, mais c'est en général la référence un peu partout ailleurs. »*

• Des déchets TFA aux déchets FMA-VC : des stockages opérationnels

Si le stockage en surface des déchets TFA ne concerne que les pays qui ont décidé de les prendre en charge sur un centre dédié (comme la France et l'Espagne), nombreux sont ceux qui disposent à ce jour de stockage en surface de déchets FMA-VC opérationnel ou en développement. Les recherches et efforts



« IDKM » : le pari de la mémoire relevé à l'international



Réunion de lancement des partenaires d'IDKM

Tous les pays concernés par la gestion des déchets radioactifs réfléchissent à la manière dont on pourra, sur des échelles de temps allant de quelques années à plusieurs millénaires, transmettre aux générations qui nous suivront, les informations essentielles concernant les centres de stockage. Sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), la plateforme de réflexion internationale IDKM (*pour Information, Data and Knowledge Management**) vise à bâtir les solutions de conservation de la mémoire les plus résistantes à l'oubli avec un maximum d'acteurs concernés (opérateurs du nucléaire, exploitants d'installations de stockage, autorités de sûreté, chercheur, spécialistes des archives institutionnelles, etc.).

« Du berceau à la tombe »

Comment s'assurer que tous les savoirs d'une génération de professionnels peuvent se transmettre à ses successeurs ? Comment maintenir à niveau les compétences sur des projets au long cours ? Autant de questions qui se révèlent particulièrement cruciales dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs. *« Notre secteur d'activité génère un volume extrêmement conséquent de connaissances qu'il faut, de plus, conserver très longtemps, explique Jean-Noël Dumont, responsable du programme Mémoire de l'Andra. Or, disposer d'archives ne suffit pas : il faut rendre la connaissance à la fois accessible et pertinente pour nos descendants. »* Recensement et structuration des données liées à la sûreté des centres, transfert de la connaissance entre générations de professionnels, archivage de l'information, préservation de la mémoire : quatre groupes de travail structureront la réflexion des participants d'IDKM. *« L'objectif étant de couvrir le champ des données et connaissances liées d'un centre de stockage, de sa conception jusqu'à des millénaires après sa fermeture pour le stockage, des déchets les plus radioactifs en couche géologique. L'Andra s'investira d'ailleurs à plus d'un titre dans les travaux à venir. IDKM invite au partage d'expérience entre pays avancés et moins avancés sur ces problématiques. La France est aujourd'hui l'un des pays les plus avancés au monde dans son programme sur la préservation et la transmission de la mémoire. »*

* gestion de l'information, des données et de la connaissance

se concentrent désormais surtout sur l'optimisation des solutions techniques et la prise en compte des productions futures dans les centres existants. Toutefois, quelques pays ont choisi de stocker leurs déchets FMA-VC dans des stockages géologiques (la Hongrie ou l'Allemagne par exemple). *« Ce choix ne*

relève bien souvent pas de considérations techniques, mais plutôt de demandes sociétales ou de ressources économiques. En Allemagne par exemple, dans le contexte de la guerre froide, il était impensable à l'époque de stocker des déchets dangereux en surface », explique Daniel Delort. >>>

• Le stockage géologique : la solution de référence pour les déchets HA et MA-VL

Pour la gestion des déchets radioactifs HA et MA-VL, le stockage en couche géologique profonde est aujourd'hui la solution de référence en France. C'est également la solution admise par la communauté scientifique et les grandes instances internationales (Commission européenne, AIEA, Agence pour l'énergie nucléaire [AEN]). « C'est en effet la solution la plus avancée et celle qui apporte le plus d'assurance pour une démonstration de sûreté à long terme. Aucune alternative ne permet d'avoir les mêmes garanties de sûreté sur de telles échelles de temps », souligne Daniel Delort. D'un pays à l'autre, différentes options sont prises en fonction des choix stratégiques concernant le combustible usé : le stockage des combustibles usés encapsulés dans des conteneurs en cuivre, en couche géologique après une période de refroidissement en entreposage (Finlande, Suède) ; le retraitement, comme en France où ce type d'opération permet de séparer les matières valorisables (plutonium, uranium) – pour les réutiliser en partie – des résidus ultimes (déchets MA-VL et HA) qui seront stockés en profondeur. En attendant l'aboutissement des projets de stockage géologique, les déchets HA et MA-VL sont le plus souvent entreposés sur leurs sites de production.

L'Europe, un temps d'avance

Aujourd'hui, la Finlande, la Suède et la France sont les trois pays dont les projets sur le stockage géologique sont les plus avancés. La construction du premier stockage profond, Onkalo, a démarré en Finlande dans une roche granitique, en 2016. En Suède, l'entreprise qui gère les déchets radioactifs (SKB) a déposé

en 2011 son dossier de demande d'autorisation de construction d'un stockage dans le granite. En 2018, l'autorité de sûreté locale a rendu un avis favorable tandis que la cour environnementale a recommandé de nouvelles études sur le comportement à long terme des conteneurs en cuivre. SKB a transmis les résultats de ses études complémentaires et c'est désormais au gouvernement suédois de prendre une décision en s'appuyant sur ces recommandations. En France, l'Andra s'apprête à déposer le dossier d'autorisation de création du centre industriel de stockage géologique Cigéo. Dans les autres pays, les programmes sont en cours d'étude. Le Canada, le Royaume-Uni, le Japon ou encore la Suisse sont par exemple engagés dans un processus de recherche de site. Enfin, dans certains pays où les volumes de déchets sont faibles, on entrepose sur plusieurs décennies, en attendant une meilleure visibilité sur le futur de l'énergie nucléaire et les stockages géologiques.

Une recherche très active à l'international

Les recherches scientifiques et technologiques concernant le stockage profond sont notamment effectuées à partir de laboratoires souterrains. Certains pays disposent déjà de leurs propres installations. C'est le cas notamment des pays les plus avancés comme la Finlande (laboratoire Onkalo de Posiva), la France (laboratoire de l'Andra en Meuse/Haute-Marne) ou la Suède (laboratoire Aspö de SKB), mais également, de la Suisse (les laboratoires au Mont Terri et à Grimsel), de la Belgique (laboratoire Hades du groupement d'intérêt économique Euridice, à Mol) ou encore du Japon (laboratoire à Horonobe et Mizunami de la JAEA). Les études et recherches



Suède : le projet de stockage des combustibles usés à Forsmark



Le cas du WIPP

Ouvert aux États-Unis en 1999, au Nouveau-Mexique, dans une formation géologique saline à 700 m de profondeur, le WIPP (*Waste Isolation Pilot Plan*) est actuellement le seul centre en exploitation au monde à stocker une partie de ses déchets radioactifs les plus dangereux en couche géologique : les déchets transuraniens (contaminés par des éléments radioactifs de numéro atomique supérieur à celui de l'uranium). L'installation est toutefois réservée à ce type de déchets issus du programme militaire américain. En février 2014, deux accidents ont entraîné la mise en sécurité automatique du site et la suspension de son exploitation. Le département de l'énergie américain a autorisé un redémarrage du WIPP fin 2016, après avoir confirmé l'absence d'impact notable en dehors de l'installation et que toutes les mesures correctives avaient été prises (bilan des accidents et réexamen de sûreté, renforcement des règles d'exploitation, plan de restauration de l'installation, etc.). Les enseignements de cet événement ont été intégrés dans les études de conception du projet Cigéo.



Visite des installations du WIPP.

menées dans ces laboratoires visent une compréhension de la roche hôte (argile ou granite) et des interactions entre les futurs composants des stockages, ainsi que le développement de technologies nécessaires à leur construction puis leur exploitation et leur fermeture. D'autres laboratoires sont en projet ou en construction, par exemple en Chine ou en Russie, avec pour objectif à plus long terme de concevoir des centres de stockages souterrains. Malgré des situations différentes, ces différents pays s'accordent sur le fait que d'ici 2050, ils exploiteront un laboratoire ou un stockage. •



Quelles sont les grandes instances de coopération internationale ?



Le siège de l'AIEA à Vienne (Autriche)

« utilisation sûre, sécurisée et pacifique de la science et des technologies ».

Parmi ses missions : l'inspection des activités et des installations nucléaires dans le monde, le développement de la coopération internationale et des normes de sûreté et sécurité, l'élaboration de recommandations et procédures internationales, la gestion de crise (urgences radiologiques), etc.

L'AEN : une expertise de référence

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) est une agence spécialisée de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Située en France, elle aide ses 33 pays membres à maintenir et à approfondir leurs expertises dans le domaine de l'énergie nucléaire. L'AEN réunit les États les plus nucléarisés et s'intéresse plus particulièrement aux sujets prospectifs : gestion des connaissances, dialogue avec les parties prenantes, réversibilité du stockage des déchets radioactifs, etc. •

L'AIEA : « L'atome au service de la paix et du développement »

Créée en 1957 et basée à Vienne, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) est au cœur de la coopération internationale dans le

domaine du nucléaire. Sa genèse remonte au discours « L'atome pour la paix », prononcé par le président des États-Unis, Dwight D. Eisenhower, devant l'Assemblée générale des Nations unies le 8 décembre 1953. Elle est chargée de promouvoir, avec ses 171 États membres, une

LA PAROLE À

Stefan Mayer, Team Leader - Gestion des déchets radioactifs, Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

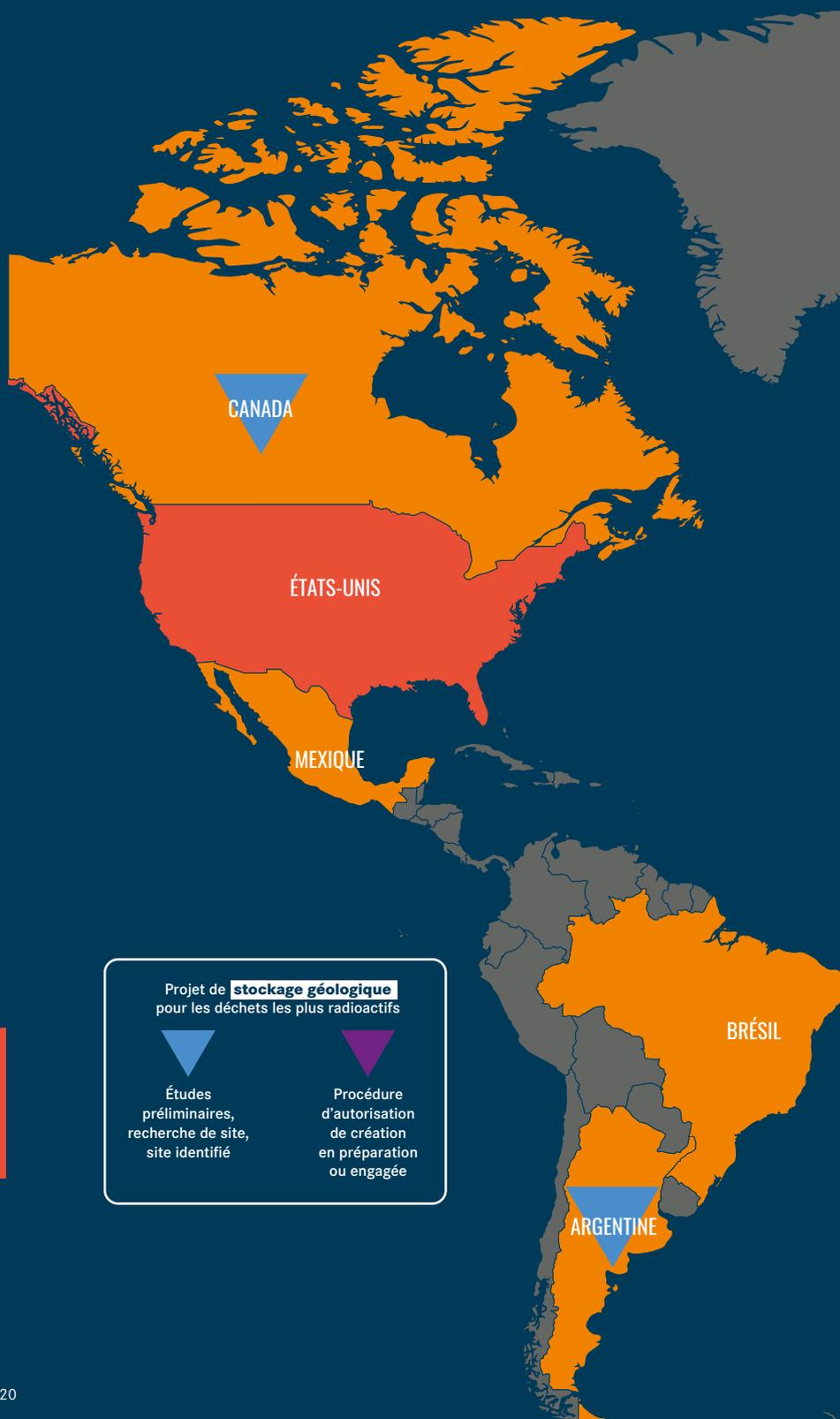


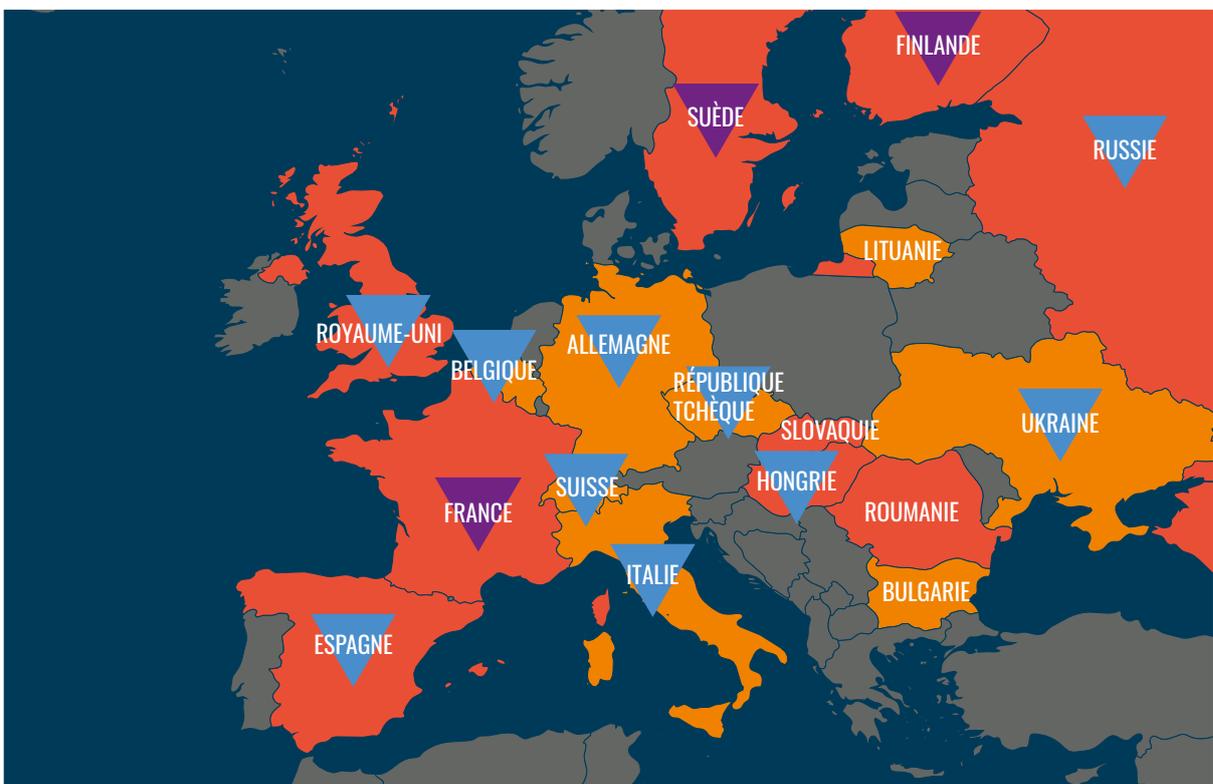
« Les échanges et les transferts de connaissances entre les pays ont permis ces dernières décennies, une prise en charge des déchets radioactifs dans un système global de gestion extrêmement rigoureux. Il nécessite une coopération étroite des agences chargées de la gestion des déchets et des entreprises qui utilisent les technologies nucléaires. C'est la grande leçon de ces vingt dernières années. Développer un programme de stockage à long terme, c'est d'abord assurer l'impératif d'évaluer sa sûreté et sa sécurité à long terme, mais c'est aussi l'insérer dans un contexte normatif et sociétal. Les programmes les plus avancés l'ont démontré. Il est indispensable que le développement de ces projets et les décisions qui y sont liées s'effectuent dans des cadres législatifs clairs qui prennent étroitement en compte les droits et les responsabilités des différentes parties prenantes. C'est une condition désormais bien comprise et acceptée par les organisations qui portent ces programmes, mais chaque pays doit trouver la bonne manière de le faire. »



Panorama mondial : où en sont les autres pays ?

Quels que soient les volumes de déchets produits, la très grande majorité des pays utilisant les propriétés de la radioactivité sont aujourd'hui engagés dans le développement de solutions de gestion à long terme des déchets radioactifs, qu'elles soient opérationnelles ou en projet.





Près de **90 %**
des pays utilisant l'énergie
électronucléaire disposent
d'une ou plusieurs solutions
de gestion à long terme
des déchets radioactifs.





Focus sur 3 pays européens

À l'heure où certains pays se lancent dans l'exploitation de l'énergie nucléaire et où d'autres font le choix d'y renoncer, mettre en œuvre des solutions responsables et à long terme pour gérer les déchets radioactifs est un impératif, notamment dans la perspective du démantèlement des installations nucléaires...



SUISSE

Deux projets de stockages géologiques pour l'ensemble des déchets radioactifs

Irina Gaus

Responsable Recherche & Développement à la Nagra, société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs

Vos projets et solutions de stockage

Dès les années 1980, la Suisse a fait le choix de stocker tous ses déchets radioactifs dans deux centres de stockage géologique profonds, l'un pour les déchets de faible et moyenne activité à vie courte, l'autre pour les déchets de haute et moyenne activité à vie longue. Nos déchets sont conservés sur leurs lieux de production (sites des centrales),

ainsi que dans un entreposage centralisé, exploité par la société Zwiilag.

Deux roches d'accueil sont étudiées dans deux laboratoires scientifiques distincts : celui du Grimsel, dans le granite du Massif de l'Aar, et celui du Mont Terri, construit dans une couche d'argile. Si le Grimsel reste un laboratoire de recherche international très actif, la Suisse a abandonné l'option du granite pour le stockage. Comme en France, nos projets se dessinent aujourd'hui dans une couche argileuse. Leurs concepts de sûreté sont aussi très proches de votre projet Cigéo.

Où en êtes-vous aujourd'hui ?

Depuis 2008, nous sommes à la recherche de sites pour implanter les stockages. Cette recherche s'inscrit dans le cadre d'un Plan sectoriel (plan d'aménagement de la Confédération helvétique) qui réduit étape par étape le nombre de possibilités d'implantations et organise une concertation transparente, équitable et participative avec la population et les acteurs concernés. À l'étape actuelle de la procédure, trois sites dans le Nord de la Suisse sont encore en lice et font l'objet d'investigations géologiques approfondies.

Les prochaines étapes ?

La Nagra annoncera en 2022 pour quels sites elle entend déposer une demande d'autorisation générale. Celle-ci sera soumise à l'approbation du Conseil fédéral en 2024, pour une mise en exploitation prévue aux alentours de 2050 - 2060. Parallèlement, la population suisse s'est prononcée en 2018 en faveur d'une stratégie énergétique qui prévoit la sortie du nucléaire à l'horizon 2050. La fermeture et le démantèlement de nos cinq réacteurs nucléaires sont programmés sur les dix années à venir, l'un d'eux a déjà été arrêté fin 2019.



Maquette d'une alvéole de stockage pour le combustible utilisé dans le laboratoire du Mont Terri (Suisse)



Des événements qui fédèrent la communauté internationale

Tout au long de l'année, des événements internationaux permettent aux acteurs scientifiques et institutionnels de partager leurs connaissances autour de la gestion des déchets radioactifs. L'Andra participe aux grandes conférences que sont *Waste Management (WM)*, la conférence internationale sur le stockage géologique (ICGR), mais aussi à des événements plus ciblés et thématiques.

La participation de l'Agence est destinée à présenter et expliquer ses concepts et résultats, mais aussi à confronter ceux-ci aux approches de ses homologues. Elle vise également à faire progresser sa propre réflexion et à valoriser son savoir-faire. En 2021, l'Andra organisera, à Nancy, la *Clay Conference* (événement scientifique mondial sur les milieux et matériaux argileux).



ESPAGNE

Un projet d'entreposage temporaire pour les déchets les plus radioactifs

Inmaculada Lopez Diaz

Cheffe du département Ingénierie d'Enresa, organisme national de gestion des déchets radioactifs

Vos projets et solutions de stockage

Nos déchets radioactifs de faible et moyenne activité sont stockés dans un centre industriel situé à El Cabril (région de Cordoue), exploité par Enresa. Depuis 2011, une section spécifique de cette installation reçoit également les déchets de très faible activité. Les déchets de haute activité et le combustible usé sont entreposés en piscine et dans des installations d'entreposage à sec sur les sites des centrales en exploitation. En attendant de mettre en œuvre un stockage géologique profond qui les accueillera à terme, nous développons, depuis dix ans, un projet d'entreposage centralisé temporaire : ATC (*Almacén Temporal Centralizado*).

Où en êtes-vous aujourd'hui ?

Pour l'implantation d'ATC, un processus de sélection des sites a permis d'aboutir au choix de Villar de Cañas (région de Cuenca). De nombreuses études et travaux préliminaires

ont déjà été réalisés. Le Conseil de sûreté nucléaire avait émis un avis favorable à l'obtention d'une autorisation de création, mais le projet a été arrêté pour des raisons politiques, fin 2018. Aujourd'hui, nous ne savons pas ce qui sera décidé.

Les prochaines étapes ?

La politique énergétique du pays prévoit une fermeture de tous les réacteurs nucléaires d'ici 2035. Sept réacteurs seront démantelés dans les quinze années à venir, ce qui nécessitera d'augmenter les capacités de stockage d'El Cabril aux alentours de 2028. Nous attendons une autorisation d'extension pour 2022. Concernant le combustible usé et les déchets de haute activité, nous espérons que le prochain plan général de gestion des déchets radioactifs dissipera les incertitudes relatives à ATC. Le Gouvernement a également pour but d'avancer vers la concrétisation du stockage géologique profond, pour une mise en service d'ici 2068.



Stockage de déchets FMA dans le centre d'El Cabril (Espagne)



BELGIQUE

La construction d'un stockage en surface attendue pour 2022

Sigrid Eeckhout

Responsable communication de l'Ondraf (organisme national de gestion des déchets radioactifs)

Vos projets et solutions de stockage

Depuis les années 1980, tous nos déchets radioactifs sont entreposés sur leur site de



Laboratoire souterrain Hadès à Mol (Belgique)

production ou sur le site d'entreposage temporaire de Dessel, en attendant la réalisation de deux projets de stockage définitif : l'un en surface, à Dessel, pour les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (aussi appelés déchets A) et l'autre en profondeur, pour les déchets de moyenne et haute activité à vie longue (déchets dits B et C).

Où en êtes-vous aujourd'hui ?

Les recherches menées depuis quarante ans dans notre laboratoire scientifique souterrain, Hadès, situé à -225 m dans une couche argileuse à Mol ont montré que le stockage profond dans l'argile est une solution intéressante et sûre. Parallèlement, ces vingt dernières années, nous avons développé une approche partenariale et participative avec la population belge pour étudier les conditions (techniques, économiques, sociales...) de stockage des déchets les moins radioactifs. Pour ce projet de

stockage en surface des déchets de faible et moyenne activité à vie courte, nous avons déposé en 2019, un dossier de demande d'autorisation de création auprès de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN).

Les prochaines étapes ?

Nous attendons une autorisation de création du projet de stockage en surface en 2022, pour un début d'exploitation en 2025. En ce qui concerne le stockage des déchets de moyenne et haute activité, nous attendons une autorisation sur le principe du stockage géologique, qui doit nous permettre de lancer un processus décisionnel pour le choix d'un site. Par ailleurs, en 2003, la Belgique a voté une loi de sortie progressive de l'énergie nucléaire. À partir de 2025, l'exploitant des centrales nucléaires commencera le démantèlement de ses réacteurs. •



L'Andra partage son expertise



Si chaque pays est responsable de la gestion de ses déchets radioactifs, la réflexion à l'international est nécessaire pour progresser sur cette problématique complexe. L'Andra y participe activement. Objectif : contribuer à une gestion responsable et durable des déchets radioactifs dans

le monde, partager son savoir-faire à l'international et nourrir sa réflexion... comme celle de ses homologues. Les explications de Daniel Delort, responsable du service des relations internationales de l'Andra.

Quelle est la place de l'Andra au sein des grandes instances internationales ?

L'Andra siège au sein des commissions dédiées aux déchets radioactifs de l'AEN et de l'AIEA (cf. p. 15).

Les instances internationales sont des lieux privilégiés d'information, de partage de connaissances, et de réflexions.

L'Andra participe aux groupes de travail, comités et événements qu'elles animent sur des questions qui peuvent être scientifiques, technologiques, sociétales. L'AEN a par exemple animé un travail très important sur la réversibilité du stockage de déchets radioactifs auquel nous avons fortement contribué.

Dans quel objectif l'Andra s'y implique-t-elle ?

Il s'agit d'élaborer ensemble une vision partagée des solutions de gestion et de promouvoir les standards internationaux. Les problématiques et les risques associés aux déchets radioactifs dépassent les frontières. Il est indispensable de créer du consensus sur les bonnes pratiques et les attitudes responsables liées à la gestion de ces déchets. À travers notre participation, nous partageons nos positions et notre expérience pour en faire bénéficier les autres pays. Mais le retour d'expérience des pays étrangers au sein de ces

instances nourrit et accélère également nos propres réflexions.

En dehors de ces deux instances, comment collaborez-vous avec les autres pays ?

Il y a une véritable émulation à l'international. Les échanges – programmes de recherche, groupes de réflexion, séminaires – sont essentiels pour avancer et s'enrichir mutuellement. Nous avons signé à ce jour une vingtaine d'accords de coopération bilatéraux ou multipartites avec les principales agences ou organismes nationaux. C'est le cas par exemple avec Enresa, notre homologue espagnol, sur la gestion des déchets en surface, ou encore avec les Belges et les Suisses sur la fermeture des stockages. Nous avons aussi un accord de coopération avec l'Allemagne qui relance son projet de stockage géologique profond, après une longue période d'arrêt de ses recherches. Comment vont-ils reprendre le dialogue avec la population et mettre à jour leurs connaissances ? Voilà des challenges très intéressants et très enrichissants pour nous. Nous avons également des affinités avec l'Angleterre qui développe beaucoup d'outils technologiques de tri ou de traitement des déchets.

Comment la gestion française des déchets radioactifs est-elle perçue à l'international ?

La France est l'un des pays les plus avancés dans la gestion de ses déchets radioactifs. Notre modèle est observé à l'international. Beaucoup de pays qui démarrent leur programme électronucléaire font d'ailleurs appel à l'Andra, parfois dans le cadre de l'AIEA, pour les accompagner dans la mise en place d'une politique de gestion de leurs déchets radioactifs : je pense à l'Égypte, l'Arabie saoudite, la Turquie, notamment. Des accords de coopération nous permettent d'aider ces pays à travers des visites de nos installations ou des formations. Nous avons par exemple beaucoup collaboré avec la Corée du Sud, la Hongrie, ou l'Espagne par le passé. Depuis, ces pays adoptent des stratégies proches des nôtres. Nous développons également une offre commerciale avec des États qui nous interrogent sur des questions précises : définition et mise en place d'une agence de gestion des déchets, concept de stockage, radioprotection... Nous participons et organisons des colloques internationaux, des conférences, etc. Autant d'échanges très constructifs qui contribuent au partage du savoir-faire de l'Andra à l'international.



Visite d'une délégation du CNPE (China Nuclear Power Engineering) au Centre de stockage de la Manche en novembre 2019.



Les sites de l'Andra : un retour d'expérience concret pour les partenaires étrangers

En 2019 environ 1 000 visiteurs étrangers sont venus à la rencontre des experts de l'Andra. Japonais, espagnols, malaisiens, bangladais, britanniques, égyptiens... Chaque année, les pays étrangers sont nombreux à découvrir les centres de l'Andra à l'occasion d'une visite scientifique, d'un séminaire ou d'une formation. Leur point commun: ils cherchent à perfectionner leur expertise sur la gestion des déchets radioactifs.

L'Andra fait figure de « doyenne » à l'international: « *Le Centre de stockage de la Manche a ouvert ses portes il y a cinquante ans, rappelle Soufiane Mekki, chargé de coopération et de développement à l'international à l'Andra. Notre expérience de longue date est régulièrement promue par les instances internationales. Elle intéresse nos homologues, tout comme le dispositif législatif et réglementaire français associé, et ce quel que soit leur stade d'avancement dans la gestion de leurs déchets radioactifs* »: des pays qui n'ont pas d'énergie nucléaire avec des déchets radioactifs produits par le secteur médical et la recherche comme l'Australie, des « nouveaux entrants » dans le domaine de l'énergie nucléaire à la

recherche d'une démonstration de sûreté robuste (Égypte, Turquie, Émirats arabes unis), ou encore des pays avancés en matière de gestion de déchets et préparant la couverture et la fermeture de leur stockage de surface ou en recherche de site pour un stockage géologique profond (Chine, Russie, Belgique). Parmi les nombreux visiteurs sur les sites de l'Andra, plus d'une vingtaine de délégations de douze nationalités différentes ont par exemple franchi les portes des centres de l'Aube en 2019. Qu'elles fassent appel à l'Agence sur la recommandation de l'AIEA ou de leur propre initiative, toutes sont en demande de mieux comprendre les enjeux de la gestion des déchets radioactifs et d'observer de « *visu* » les pratiques et résultats obtenus en France.

« Le modèle de gestion français a fait ses preuves »

L'expertise de l'Andra couvre toutes les catégories de déchets, « *ce qui est rarement le cas à l'international* ». Et avec un centre en phase de fermeture dans la Manche, des centres en exploitation dans l'Aube et un laboratoire de recherche souterrain en Meuse/Haute-Marne, la France constitue un « démonstrateur concret » de toute la filière. Un modèle qui a en outre fait ses preuves: « *Au cours des 28 ans d'exploitation du Centre de stockage de l'Aube, l'Andra a vu sept pays adopter successivement son concept* », souligne Soufiane Mekki.



EURAD : un programme de recherche européen collaboratif sur les déchets radioactifs

Retenu après un appel d'offres par la Commission européenne, le programme européen de recherche et développement EURAD (*European Joint Programme on Radioactive Waste Management*) a été lancé en juin 2019. Piloté par l'Andra, ce programme a pour objectif de fédérer les efforts de recherche et partager les connaissances scientifiques et techniques d'une centaine d'acteurs européens de la gestion à long terme des déchets radioactifs (agences, évaluateurs, organismes de recherche). Pendant cinq ans, les représentants des 23 pays européens partenaires d'EURAD travailleront sur des sujets en lien avec la gestion à long terme des stockages (gestion des incertitudes et des connaissances), mais aussi sur les phases amont de la gestion (caractérisation, traitement et conditionnement des déchets, entreposage). C'est pour répondre aux enjeux de la gestion des déchets radioactifs à long terme et des projets de stockage que la Commission européenne a souhaité orienter son soutien non plus vers des initiatives ponctuelles, mais vers des programmes collaboratifs plus ambitieux comme EURAD.

Les pays nucléarisés viennent aussi observer au plus près la panoplie d'expérimentations menées au Laboratoire souterrain de l'Andra. « *Il est, avec le laboratoire du Mont Terri en Suisse, l'un des sites de recherche dans l'argile les plus développés et instrumentés au monde. Et continuera de faire l'objet d'une grande attention de nos homologues ces prochaines années.* » •



MISSION DE SERVICE PUBLIC

DÉCOUVERTE CHEZ LA PETITE-FILLE DE MARIE CURIE

Ce n'est pas tous les jours que les équipes de l'Andra sont amenées à intervenir dans des lieux aussi chargés d'histoire que la demeure d'une descendante de Marie Curie.

Pour la récupération d'objets radioactifs, l'Agence bénéficie en revanche d'une grande expérience... C'est même une mission de service public qu'elle assure depuis de nombreuses années.

Hélène Langevin-Joliot vit depuis les années 1960 dans la demeure de ses parents Frédéric et Irène Joliot-Curie, prix Nobel de chimie en 1935 pour la découverte de la radioactivité artificielle. Outre la maison, de nombreux meubles, objets, tableaux qui l'entourent rappellent leur mémoire. Certains ont d'ailleurs appartenu à ses grands-parents, Marie et Pierre Curie. Parmi tous ces souvenirs, quelques objets, dont un meuble, ont été récemment envoyés au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de l'Andra dans l'Aube. Car ils sont radioactifs.

« Je savais que mon père, à la fin de sa vie, avait installé à la maison une sorte de petit "laboratoire" pour effectuer quelques mesures de radioactivité, et donc que certains objets, dont un étalon, devaient être radioactifs. Plus tard, un contrôle plus général fit apparaître qu'une armoire-bibliothèque ayant appartenu à Marie Curie était

clairement contaminée. Il y avait à l'intérieur des cartes routières dans un tiroir, et de nombreux livres ajoutés depuis. Dans ces années-là, on ne se posait pas de questions pour conserver ou déplacer des objets n'ayant que des quantités de radioactivité relativement faibles. »

Ce n'est évidemment plus le cas aujourd'hui. Même si elle a « *passé les 92 ans* », comme elle le rappelle, Hélène Langevin-Joliot a trouvé « *raisonnable, à partir du moment où on savait qu'il y avait de la radioactivité, d'éliminer les objets porteurs de cette radioactivité* ». Le 26 février dernier et pendant huit jours, une équipe sous-traitante de l'Andra a donc aménagé la pièce où se trouvait l'armoire, pour caractériser, expertiser et conditionner les objets concernés. Une opération rare, pensez-vous ? Pas exactement. Car entre les années 1920 et les années 1960, le radium a servi à soigner et a été introduit dans des biens de consommation, avant qu'on ne mette à jour son potentiel nocif. Des objets qu'on peut parfois retrouver aujourd'hui chez les particuliers.

Mesures, masques et hommes en blanc

Aujourd'hui, l'Andra récupère chaque année environ 100 objets radioactifs, contenant principalement du radium. « *De temps en temps, comme cela a été le cas chez Hélène Langevin-Joliot, on a des demandes pour des objets qui*

ne sont pas connus, ou qui sont massifs, comme cette armoire », explique Nicolas Benoit, chef de projet assainissement à l'Andra. L'opération prend alors plus d'ampleur. Elle débute par une phase de repérage, pour chiffrer le conditionnement, la caractérisation et l'enlèvement, et préparer l'intervention en termes de radioprotection. Une fois cette étape réalisée et le dossier validé par la Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (CNAR), la deuxième phase peut commencer.

« Et ce n'est pas une mince affaire », confirme Hélène Langevin-Joliot. Dans son cas, les experts ont dû monter un sas dans la pièce, les dimensions de l'armoire contaminée rendant sa manipulation délicate. Vêtus de combinaisons blanches et de masques, ils ont caractérisé chaque objet, conditionné ceux qui présentaient une activité radioactive et découpé l'armoire, sous une tente de vinyle, avant de nettoyer et de tout démonter.

« Ces objets qui entrent dans la catégorie FA-VL, pour faible activité à vie longue, seront entreposés dans le bâtiment de l'Andra prévu à cet effet au Cires, dans l'attente d'une solution de stockage adaptée. Quant aux déchets induits (morceaux de bois, tenues des opérateurs...), dits TFA, pour très faible activité, ils seront stockés dans des alvéoles de stockage au Cires », détaille Nicolas Benoit. •





« L'ESPRIT SORCIER » DE FRED COURANT S'EMPRE DES DÉCHETS RADIOACTIFS



En septembre dernier, l'Andra a ouvert ses portes aux journalistes de *L'Esprit sorcier*, média web de vulgarisation scientifique. Comment rendre le sujet des déchets radioactifs accessible à tous ? Frédéric Courant, alias « Fred » revient pour nous sur les coulisses de son émission consacrée aux déchets radioactifs.

Le duo Fred et Jamy, leur camion américain et leurs drôles d'aventures scientifiques... L'émission télévisée *C'est pas sorcier* a marqué toute une génération en mettant à portée de tous les questions de science les plus complexes. Depuis 2015, *L'Esprit sorcier* a repris le flambeau sur le web. Fred Courant, créateur de *C'est pas sorcier*, puis de *L'Esprit sorcier*, s'est rendu avec son équipe sur les sites de l'Andra dans l'Aube et en Meuse/Haute-Marne. Le résultat de leur visite : deux vidéos sur les déchets radioactifs à visionner sur *L'Esprit sorcier* et sur le site internet de l'Andra.

Comment appréhendez-vous le sujet des déchets radioactifs ?

Fred Courant : Franchement au départ, j'avais un peu peur, parce que le sujet est sensible... Il était très important de ne pas faire d'amalgame avec d'autres questions, au risque de tout confondre. Notre propos est neutre. La France a décidé, qu'on le veuille ou non, de développer le nucléaire dans les années 1950. Aujourd'hui on produit des déchets, qu'est-ce qu'on en fait maintenant ? Comment assume-t-on ce choix ? On ne va pas faire comme s'ils n'étaient pas là...

Il s'agit d'un partenariat rémunéré avec l'Andra. Ne craignez-vous pas qu'on doute de votre objectivité ?

F. C. : Pas du tout. Nous choisissons nos partenaires en toute transparence, car il en va de notre crédibilité ! Nous sommes là pour expliquer comment les choses fonctionnent afin de permettre aux gens de se faire leur opinion. Et c'est aussi ce que recherche l'Andra. On nous a d'ailleurs laissé filmer et monter ce qu'on voulait. Je me suis senti très à l'aise. En revanche l'Andra est très pointilleuse sur l'information scientifique. Leurs équipes ont le souci de l'exhaustivité !

Quelle est la démarche de *L'Esprit sorcier* ?

F. C. : On part du factuel et on passe beaucoup de temps à interroger les scientifiques, parce qu'on veut tout comprendre. Or, pour bien appréhender ce sujet complexe, il faut aussi repartir du b-a ba : la radioactivité, les différentes catégories de déchets, etc. Par exemple, rares sont les personnes qui savent que la radioactivité naturelle existe et que certains déchets n'ont même pas le niveau de radioactivité de la radioactivité naturelle, quand d'autres au contraire sont vraiment dangereux.

Avez-vous découvert des choses que vous ignoriez ?

F. C. : Justement, la question de la gestion des déchets de très faible activité (TFA) a retenu mon attention. À l'étranger, cette catégorie de déchets n'existe pas. Les TFA sont « recyclés » dans des projets de construction, par exemple. La France, au contraire, a fait le choix de créer un centre dédié à ces déchets.

Quel regard portez-vous sur la place de la science dans les médias et l'opinion ?

F. C. : La place de la science est fondamentale dans notre système d'information, surtout par les temps qui courent. La science est absolument partout et elle est indispensable pour aborder et régler les questions de société et d'éthique qui se posent à nous. Aujourd'hui, grâce à internet (aux youtubeurs notamment) nous pouvons avoir accès à une information scientifique très fouillée, mais encore faut-il savoir faire le tri et prendre du recul. Il s'agit de ne pas subir les choses... Tout a une explication ! •



Retrouvez l'émission sur
<http://bit.ly/33t7oui>



L'Esprit sorcier au Centre de l'Andra en Meuse/Haute-Marne

Et les déchets radioactifs qu'est-ce qu'on en fait ?



Papy voudrait
les envoyer
sur la lune ...



Mamie dit
que c'est pas
une bonne idée ...

Lili est sûre
qu'on ne nous
dit pas tout ...

Mon oncle Roger
prétend que ç'est
pour ça que
le climat débloque ...

Mon petit frère
veut les mettre
dans les toilettes ...

POUR COMPRENDRE
ET VOUS INFORMER, LISEZ PLUTÔT
le Mag

www.andra.fr/le-mag

_ Le Mag, c'est votre mensuel d'information en ligne sur la gestion des déchets radioactifs. Des brèves aux sujets de fond en passant par des articles d'ouverture, le Mag vous propose un panorama complet de l'actualité de l'Andra et de ses centres.

