

PRINTEMPS 2022 N°41

le Journal de l'Andra

— ÉDITION AUBE



P.6

**Médecine
et radioactivité:
tout ce qu'il faut savoir**

Sommaire

l'essentiel

- P.4** Podcast « Radio-Actif » : nouveaux épisodes à découvrir!
- P.4** *Le Journal de l'Andra*: votre avis nous intéresse
- P.4** **danslesmédias**
Un objet radioactif dans votre grenier?
- P.4** La Suède autorise la construction du stockage géologique des déchets les plus radioactifs 

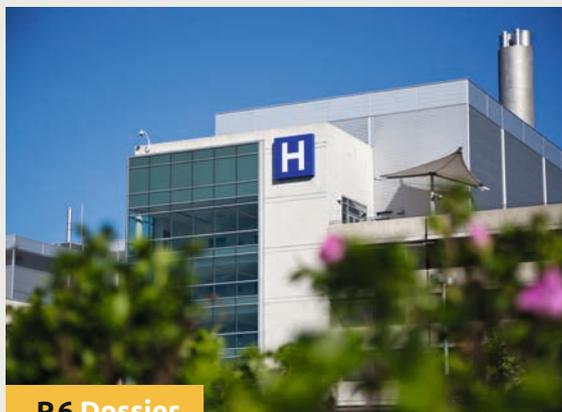


- P.5** L'Andra partenaire du festival Court en Scène



- P.5** Troyes Aube Radio: à écouter sur 94.4
- P.5** Bilan d'activité 2021

éclairage



P.6 Dossier

Médecine et radioactivité: tout ce qu'il faut savoir

- P.8** Des rayons pour diagnostiquer et soigner: un siècle d'histoire
- P.10** Ces scientifiques à l'origine de la médecine nucléaire
- P.11** Médecine et radioactivité: de quoi parle-t-on?
- P.12** Les différents types de radiothérapie pour le traitement des cancers
- P.12** Médecine nucléaire: et demain?
- P.13** Traitement ou diagnostic: à quelles doses de rayonnement s'expose-t-on?
- P.14** Secteur médical: des déchets pas comme les autres...
- P.15** ... et une gestion sur mesure
- P.16 Reportage:** Médecine nucléaire: dans les coulisses du service de l'hôpital de Troyes

- P.18** Stockage géologique: en Finlande, bientôt la mise en service?

immersion

- P.19 Portrait**
Franck Duret: de la technique au management, 30 ans de défis



- P.20 Chantier**
À Ganagobie, plus qu'un chantier d'assainissement, un travail d'enquête
- P.22** Les agréments du laboratoire d'analyses de l'Andra: un gage de fiabilité

territoire

- P.23 Anniversaire**
Groupes mémoire: 10 ans de travaux!
- P.23 Métier**
Géologue: et pourquoi pas moi?
- P.24** Conserver la mémoire des centres de stockage: Les élèves de 3^e planchent sur le sujet
- P.26 #On vous répond**
Les déchets radioactifs d'un EPR sont-ils différents des autres déchets?
- P.26 #Ils sont venus nous voir**
- P.27 Photomystère**

le
Journal
del'Andra

Édition de l'Aube N°41

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, Lola Kovacic, Damien Maury-Tarriet; pour Rouge Vif: Françoise de Blomac, Fanny Costes, Emmanuelle Crédoz, Joana Maître, Véronique Parasote et Pascal de Rauglaudre • Responsable iconographie: Sophie Muzerelle • Crédits photos: Andra; Centre François Baclesse; Adrien Daste; Domaine public; Vincent Duterme / Studio Monteclair; EDF Médiathèque - Alexis Morin et Antoine Soubigou - Pôle communication - EDF Flamanville 3; Hôpitaux Champagne Sud / Centre hospitalier de Troyes; Jean-Marie Huron / Andra; Stephen Mahar / AdobeStock; Museum d'histoire naturelle; Posiva; Alex Tihonov / Fotolia; Wikipédia; Michael Zumstein / CEI public • Dessins: Aster et Rouge Vif • Infographie: Rouge Vif • Création-réalisation: www.groupeougevif.fr - ROUGE VIF éditorial - 27709 - www.groupeougevif.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 - 369-41 • DDP/DICOM/22-0026 • ISSN: 2106-8305 • Tirage: 97000 exemplaires



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

Dépollution, l'autre mission de service public de l'Andra



L'assainissement de l'ancien laboratoire Isotopchim est l'un des chantiers les plus complexes jamais mené par l'Andra. On vous raconte, p. 20.



le chiffre
22M€

C'est le montant HT des achats locaux de l'Andra en 2021. Ces commandes ont été passées auprès de 438 entreprises des départements de l'Aube (10), la Manche (50), la Haute-Marne (52) et la Meuse (55).

Podcast « Radio-Actif » : nouveaux épisodes à découvrir !



Fin 2021 l'Andra a lancé son podcast « Radio-Actif » afin de susciter l'intérêt d'un large public, notamment les jeunes générations,

pour la gestion des déchets radioactifs. En partenariat avec le média *Le Drenche*, une première série intitulée « Demain, dans 1 000 ans », explore la question de la mémoire des centres de stockage et notre rapport au temps long. Sémiologie sonore, archives, analogues mémoriels, support de stockage de l'information... L'Andra, en compagnie d'experts pluridisciplinaires de la mémoire et de sa conservation, font le tour de la question. À vos écouteurs !

Série de **6 épisodes** disponibles sur la plateforme Ausha, sur le mur des podcasts de *Ouest France*, ainsi que sur la chaîne YouTube de l'Andra (Playlists/ Podcasts).



Retrouvez tous les épisodes du podcast « Radio-Actif »
<https://bit.ly/3M8xdVk>



Le Journal de l'Andra : votre avis nous intéresse !

Parce qu'elle s'occupe d'un sujet de société majeur, l'Andra a aussi pour mission de vous informer. Pour cela, elle met notamment à votre disposition le journal que vous tenez entre les mains. Son but ? Contribuer à vous apporter une information pédagogique, diversifiée et accessible. Votre journal est-il suffisamment clair et illustré ? Les articles vous intéressent-ils ? Quels sujets devrions-nous davantage aborder ? Jusqu'au 30 juin, l'Andra vous propose de répondre à une enquête de lectorat. Pour que *Le Journal de l'Andra* réponde à vos attentes et que nous puissions l'améliorer selon vos besoins... dites-nous tout !



✓ Pour participer : remplissez le questionnaire joint à ce numéro ou scannez le QR code.



dans les médias

Un objet radioactif dans votre grenier ?

Ils sont anciens, parfois décoratifs et on n'hésite pas à les conserver en souvenirs, dans son grenier ou sa cave. Mais ils peuvent être radioactifs ! Un exemple : les fontaines à radium, à la mode dans les années 1920. En ce temps-là, on prêtait au radium des vertus curatives et il entraînait dans la composition d'objets du quotidien. Aujourd'hui, les équipes de l'Andra collectent gratuitement ces objets anciens pour les gérer en toute sécurité. Dans le cadre d'un partenariat avec le musée Curie, une fontaine au radium à forte valeur historique a pu être décontaminée afin que cet objet soit exposé au musée, à Paris.



Découvrez en images cette intervention avec le reportage de TF1 : <https://bit.ly/3Klix13>



La Suède autorise la construction du stockage géologique des déchets les plus radioactifs

Le 27 janvier 2022, le gouvernement suédois a autorisé la construction d'un stockage géologique pour accueillir les combustibles usés du pays. Avec sa voisine la Finlande, la Suède est un des pays les plus avancés dans leur projet de centre de stockage géologique pour les déchets les plus radioactifs issus des centrales*. C'est au nord de Stockholm, à Forsmark (municipalité d'Östhammar), que l'installation de stockage sera implantée. Conduit par la société SKB détenue par les exploitants nucléaires, ce projet a abouti après 30 ans de recherches et une demande d'autorisation déposée dès 2011. Placés dans des conteneurs en cuivre, les combustibles usés seront stockés à 500 mètres de profondeur dans une roche granitique. La construction, le fonctionnement et la fermeture du site s'étaleront sur environ 70 ans.

* La Finlande a opté pour les mêmes procédés de stockage (cf. article p. 18).



L'Andra partenaire du festival Court en Scène

Dans le cadre de ses parrainages et de sa mission de transmission de la mémoire de ses centres, l'Andra a participé à la 6^e édition du festival international du court-métrage, Court en Scène, organisé dans l'Aube. À l'occasion de deux séances, à La Chapelle-Saint-Luc et à Radonvilliers les 9 et 10 mars, les thèmes de la mémoire et du temps ont été mis en lumière. Six courts-métrages de formats variés ont été présentés au public. Au programme : un débat entre amis autour

des enjeux du nucléaire, un documentaire sur un projet fou pour transmettre la mémoire des déchets radioactifs, un mini-film humoristique sur la quête d'interprétation des messages... Le 9 mars, le public a pu échanger sur ces thématiques avec un professeur de philosophie.



Plus d'infos sur le site du festival www.courtenscene.com



Troyes Aube Radio: à écouter sur 94.4

D'ici septembre, la jeune radio troyenne, qui émet sur le web, diffusera sur la bande FM. Soutenue par l'Andra, on y retrouve chaque mois une émission de vulgarisation scientifique coproduite avec l'Agence. Troyes Aube Radio est née en janvier 2021, à la suite de la fermeture de l'antenne Aube/Haute-Marne de RCF (radios chrétiennes francophones). Sa vocation : proposer des programmes pour informer et divertir, mais aussi accompagner les initiatives et le développement du territoire. Un projet qui a pu se concrétiser grâce au soutien de nombreux partenaires, dont l'Andra. À ce titre, l'Agence coproduit tous les mois avec Troyes Aube Radio une émission scientifique. Intitulée dans un premier temps « À l'Andra, à l'envers, les sciences en perspective », ce programme s'appelle maintenant « Sciencez-vous avec l'Andra » et propose un nouveau format où se mêlent micros-trottoirs et explications



de spécialistes de l'Agence. Rendez-vous très bientôt sur la bande FM, fréquence 94.4, pour écouter « Sciencez-vous avec l'Andra » et tous les autres programmes de la radio.



Retrouvez en podcast les premières émissions coproduites par l'Andra <https://bit.ly/3xrO4hN>

Bilan d'activité 2021

Malgré le contexte de la crise sanitaire, le Centre de stockage de l'Aube (CSA) et le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) affichent, en 2021, des chiffres d'exploitation conformes aux prévisions. Leur activité est restée sur un rythme quasi identique à 2020.

Centre de stockage de l'Aube (CSA)



9 927 m³
de colis de déchets stockés



Fin 2021, **36,3 %** de la capacité totale de stockage autorisée au CSA (1 000 000 m³) étaient atteints.

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



17 615 m³
de déchets TFA (très faible activité) stockés



Fin 2021, **66,1 %** de la capacité de stockage autorisée au Cires étaient atteints.



Médecine et radioactivité: tout ce qu'il faut savoir

Scintigraphie, TEP scan, radiothérapie, ces termes médicaux vous évoquent sans doute quelque chose. Tous ces examens et thérapies sont couramment prescrits pour le diagnostic, le traitement et le suivi de cancers, de maladies pulmonaires ou thyroïdiennes, de troubles cardiovasculaires ou encore de rhumatismes. Mais leur principe comme leurs origines sont souvent méconnus.

Ils appartiennent au domaine de la médecine nucléaire. Une discipline née il y a plus d'un siècle, peu de temps après la découverte de la radioactivité. Car c'est bien cette radioactivité qui, bien dosée et ciblée, permet aujourd'hui des diagnostics plus précoces et des traitements plus efficaces. Et parce qu'elle manipule quotidiennement des produits radioactifs, la médecine nucléaire est très encadrée pour garantir la radioprotection des personnels de santé, des patients et de l'environnement, mais aussi assurer une gestion adaptée des déchets issus de ces activités.

- P.8** Des rayons pour diagnostiquer et soigner: un siècle d'histoire
- P.10** Ces scientifiques à l'origine de la médecine nucléaire
- P.11** Médecine et radioactivité: de quoi parle-t-on?
- P.12** Les différents types de radiothérapie pour le traitement des cancers
- P.12** Médecine nucléaire: et demain?
- P.13** Traitement ou diagnostic: à quelles doses de rayonnement s'expose-t-on?
- P.14** Secteur médical: des déchets pas comme les autres...
- P.15** ... et une gestion sur mesure
- P. 16** Reportage: Médecine nucléaire: dans les coulisses du service de l'hôpital de Troyes

Des rayons pour diagnostiquer et soigner: un siècle d'histoire

Les découvertes des rayons X puis de la radioactivité à la fin du XIX^e siècle ont permis aux médecins et autres professionnels de santé d'améliorer leurs capacités de diagnostic, et de mettre au point des traitements efficaces contre des maladies graves, le cancer notamment. Retour sur les origines des activités nucléaires à finalité médicale.

Tout commence en 1895. Le physicien allemand Wilhelm Conrad Röntgen découvre les rayons X. Des rayonnements invisibles dont la propriété de traverser la matière a ensuite permis le développement de la radiologie moderne (radiographie, scanner, échographie, IRM...). Mais c'est d'abord au traitement contre le cancer que cette découverte profite. Dès 1896, des médecins ont ainsi donné naissance à la radiothérapie externe, traitement encore couramment utilisé aujourd'hui pour tuer les cellules cancéreuses avec de fortes doses de rayons ionisants.

Au même moment, Henri Becquerel découvre la radioactivité naturelle de l'uranium avant que Marie et Pierre Curie identifient celle du thorium, du polonium et du radium. En 1901, Henri Becquerel et Pierre Curie mettent en avant les actions de ce radioélément sur la peau, ouvrant alors la voie à son utilisation pour guérir des infections dermatologiques mais aussi des cancers. Rapidement, les médecins

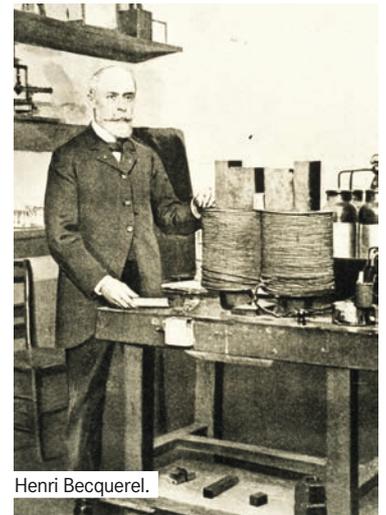
et chercheurs ont observé que le radium émettait des rayonnements de plus haute énergie que les rayons X, et permettait donc de cibler des tumeurs plus profondes. D'abord contenu dans des petits sachets en plastique et directement mis au contact de la peau pour soigner lésions et tumeurs, le radium est ensuite conditionné dans des petits tubes ou dans des aiguilles placées au contact ou implantées directement dans les tumeurs. Nous sommes en 1920: on appelle ce procédé la curiethérapie.

La découverte de la radioactivité artificielle: un tournant majeur

Le radium est un élément rare et cher. Aussi le développement de la radioactivité artificielle par Irène et Frédéric Joliot-Curie, en 1934, marque-t-elle un nouveau tournant. Petit à petit, différents radioéléments comme le césium 137, le phosphore 32, l'iridium 192 ou l'iode 125 sont produits pour créer des traitements moins onéreux et surtout plus ciblés et efficaces.

De plus, ce développement signe le début de grands progrès pour le diagnostic de cancers, de maladies cardiaques ou thyroïdiennes. Grâce aux rayons (alpha, bêta, ou gamma) qu'émettent certains de ces atomes (on parle d'isotopes radioactifs) durant leur rapide désintégration radioactive, on peut en effet les tracer dans le corps et en faire de puissants outils de diagnostic. C'est ainsi qu'est née l'imagerie fonctionnelle.

Dès 1937, dans une série d'articles, le professeur américain en physique médicale Joseph Gilbert Hamilton a détaillé les premiers essais médicaux utilisant du



Henri Becquerel.



Le Français Henri Becquerel découvre la radioactivité naturelle en remarquant que l'uranium émet des rayonnements invisibles.

1896



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

1901

1895

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



1898

Pierre et Marie Curie isolent le polonium et le radium, deux éléments radioactifs jusqu'alors inconnus, présents dans le minerai d'uranium.



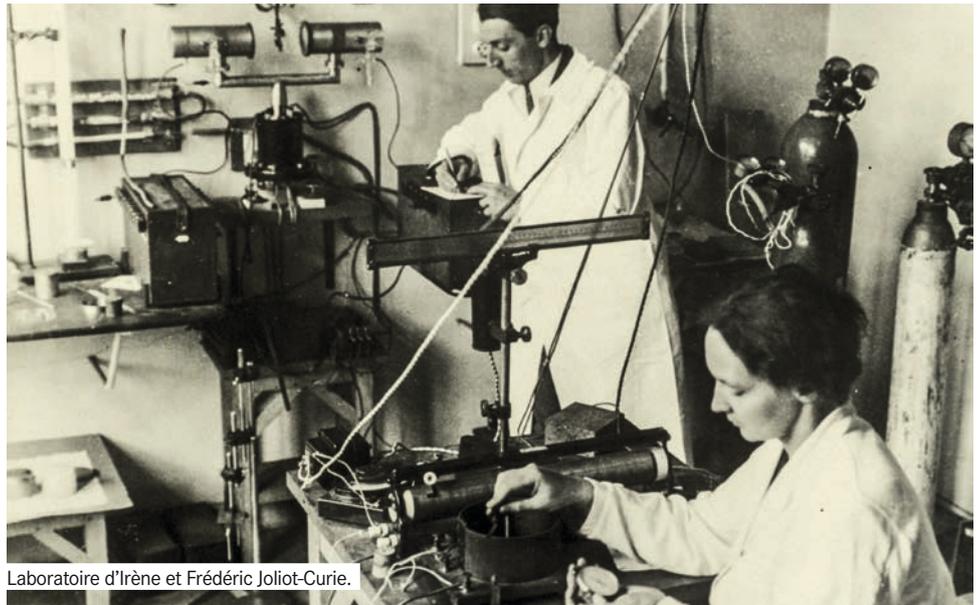
sodium radioactif comme traceur pour détecter les troubles thyroïdiens, puis ceux d'autres isotopes radioactifs comme le potassium et l'iode. Ce dernier s'est avéré très efficace pour détecter les maladies de la thyroïde mais aussi les traiter par radiothérapie *in vivo* (dans l'organisme vivant).

Par la suite, la découverte du technétium faite par Emilio Segré en 1937 contribua également à l'important développement de l'imagerie fonctionnelle. Il est aujourd'hui l'un des isotopes les plus utilisés en imagerie fonctionnelle car il n'émet que des rayons gamma, lesquels sont aisément détectables tout en irradiant faiblement le corps.

Efficacité et risques: le rôle central des technologies

Néanmoins, pour détecter et analyser les rayons émis sur une zone donnée, il a fallu mettre au point des appareils spécifiques. Assez rudimentaires et lourds, les premiers systèmes utilisés dans les années 1940 ont laissé place, à partir de 1956, à l'invention du physicien américain Hal Anger: une caméra dotée d'un cristal scintillant permettant de transformer les photons gamma issus du corps en lumière. C'est la raison pour laquelle aujourd'hui on parle de scintigraphie.

Puis au cours des années 1960 et 1970, l'imagerie fonctionnelle comme la radiologie ont progressé grâce à des techniques nouvelles,



Laboratoire d'Irène et Frédéric Joliot-Curie.

comme l'invention du scanner en 1970 par l'ingénieur anglais Geoffrey Hounsfield, qui utilise des rayons X produits à partir de générateurs électriques.

Du côté des traitements par rayonnement, là encore les chercheurs ont continué de progresser pour mieux irradier les tumeurs tout en limitant l'atteinte des tissus sains. Aux radiothérapies à base de rayons X ou de radium succèdent, en 1955, les sources au cobalt, dont les rayons plus puissants pénètrent mieux les tissus. Une invention qui, à son tour, a laissé place à une technologie plus performante à la fin des années 1960: l'accélérateur de particules. Ainsi, les recherches scientifiques associées aux rayonnements et à la

radioactivité ont-elles toujours été en lien avec les progrès de la médecine. Avec une attention historique et continue pour réduire les impacts négatifs d'exposition, la médecine nucléaire au sens large a contribué et contribue à l'amélioration des diagnostics, ainsi qu'au traitement, voire à la guérison, de nombreux cancers et maladies.



Aiguilles de radium.



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

1934



J.-G. Hamilton effectue la première utilisation clinique du sodium radioactif comme traceur dans le but de diagnostiquer les troubles thyroïdiens. Puis en 1942, les premières applications thérapeutiques de l'iode 131 et du phosphore 32.

1937

Invention de la caméra à scintillation appelée gamma-caméra.

1956

1971
La médecine nucléaire est reconnue comme une spécialité médicale par l'American Medical Association.

1913

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



Ces scientifiques à l'origine de la médecine nucléaire

De nombreux physiciens, chimistes, ingénieurs et médecins ont contribué à l'émergence puis au développement des médicaments et techniques utilisées pour diagnostiquer et soigner en utilisant les propriétés de la radioactivité.



Emilio Segré

Originaire d'Italie où il étudie et enseigne la physique nucléaire, puis naturalisé Américain en 1944, Emilio Segré est réputé dans le secteur médical et de la recherche pour **avoir découvert le technétium**. Un élément chimique qui n'apparaissait pas dans le tableau de Mendeleïev en 1937 et qui, depuis, s'est pourtant imposé dans le quotidien des praticiens de la médecine nucléaire. Son isotope ^{99m}Tc est ainsi utilisé dans 75 % des examens scintigraphiques aujourd'hui pratiqués dans le monde.



Irène et Frédéric Joliot-Curie

Sur la voie de ses parents Marie et Pierre Curie, Irène Joliot-Curie a marqué l'histoire de la radioactivité, et en particulier celle de la médecine nucléaire. Avec son mari Frédéric, ils ont ainsi contribué à développer les usages de la radioactivité artificielle. Autrement dit, ils ont démontré qu'on pouvait fabriquer des éléments radioactifs. Ils ont développé les applications concrètes de cette découverte, dans le domaine médical en particulier. Ainsi il est devenu possible de fabriquer des traceurs ou marqueurs radioactifs pour aller explorer *in vivo* le fonctionnement des cellules et organes, et détecter des anomalies comme des cancers. Pour cette découverte ils ont d'ailleurs reçu **le prix Nobel de chimie en 1935**.



Hal Anger

Dans la pratique et la diffusion de la médecine nucléaire, le cyclotron, qui produit des radionucléides capables de tracer et détruire les tumeurs, a été une première grande révolution technique. **La gamma-caméra, capable de mettre en images les parties du corps humain** où des radionucléides émettant des rayons gamma ont été injectés, a constitué une deuxième révolution. Cette invention, on la doit à Hal Oscar Anger, un ingénieur américain et biophysicien ayant énormément collaboré, au sein de l'université de Californie, avec Ernest Orlando Lawrence, l'inventeur du cyclotron.



Ernest Orlando Lawrence

Physicien américain né en 1901, Ernest Orlando Lawrence est particulièrement reconnu pour l'invention du cyclotron. Un instrument dont l'immense utilité médicale lui a valu de recevoir **le prix Nobel de physique en 1939**. Car le cyclotron permet d'accélérer les particules pour justement créer des isotopes radioactifs, aussi appelés radionucléides. Aujourd'hui, si son invention a bénéficié d'améliorations continues, elle est toujours utilisée dans les structures de santé et de recherche.

Le saviez-vous?



Des pacemakers à pile nucléaire

— À partir de 1970 et jusqu'à la fin des années 1980, quelque 3 000 stimulateurs cardiaques au plutonium 238 ont été implantés dans le monde, dont 872 en France. Ce type de stimulateur utilisait en effet l'énergie thermique libérée par les rayonnements alpha du plutonium lors de sa désintégration, laquelle était ensuite transformée en électricité. Évidemment le plutonium 238 était enfermé dans un boîtier à plusieurs couches métalliques afin de protéger le patient des rayonnements. Les pacemakers au plutonium 238 ont été abandonnés au profit des pacemakers à pile iode/lithium tout aussi robustes sur la durée, mais sans risque d'irradiation en cas de défaillance du boîtier hermétique. Toutefois, ces pacemakers fonctionnent encore chez certains patients. Les personnes implantées « types » avaient en effet 75 ans en 2010 et les plus jeunes à peine 40 ans. Au décès des patients, les pacemakers sont retirés et renvoyés aux fabricants pour pouvoir être évacués vers les bonnes filières de gestion.

Médecine et radioactivité : de quoi parle-t-on ?

Quels éléments radioactifs la médecine nucléaire emploie-t-elle ? Pour quelles applications est-ce utile et avec quels instruments ? On fait le point.

Comment définir la médecine nucléaire ? Comme l'explique le professeur Jean-Philippe Vuillez du CHU de Grenoble, dans l'émission « À l'Andra, à l'envers, les sciences en perspectives » diffusée sur Troyes Aube Radio¹, « *la médecine nucléaire consiste à injecter des produits radioactifs aux patients que nous prenons en charge dans un but diagnostique ou thérapeutique* ».

Premier usage : diagnostiquer avec précision

Les techniques de diagnostic en médecine nucléaire ne montrent pas l'anatomie comme une radio ou un scanner. Il s'agit d'une imagerie fonctionnelle : « *Elle montre vraiment la biologie à l'œuvre dans les cellules* », ajoute Jean-Philippe Vuillez.

L'imagerie anatomique (ou morphologique) comme l'imagerie fonctionnelle s'appuient sur des rayonnements ionisants pour « mettre en lumière » un trouble ou un dysfonctionnement. Ils ont en effet la capacité de traverser la matière. Les rayonnements utilisés pour le diagnostic sont les **rayons X et gamma**.

Mais les rayons X émis lorsqu'on passe une radio ou un scanner ne sont pas dus à la radioactivité. Ils sont produits par des générateurs électriques. Une fois ces générateurs éteints, les rayonnements cessent, contrairement à la radioactivité qui peut avoir une durée de vie plus ou moins longue en fonction de l'élément concerné.

La médecine nucléaire à proprement parler utilise, elle, des **radioisotopes ou radionucléides**. « *Ils sont radioactifs pour être détectables*, précise encore Jean-Philippe Vuillez. Selon les propriétés de tel ou



Appareil d'imagerie médicale de type TEP scan (tomographie par émission de positons).

tel produit, il va s'accumuler dans tel ou tel organe et nous apporter des informations sur les mécanismes physiopathologiques, c'est-à-dire ce qui explique qu'une maladie donne tel et tel symptôme et ce qui permettra ensuite de la soigner. »

C'est la base de l'imagerie en médecine nucléaire : **la scintigraphie**. Et c'est la plus ancienne. Elle consiste à administrer au patient une petite quantité de substance radioactive appelée **médicament radiopharmaceutique** (MRP) par voie intraveineuse, par inhalation ou par ingestion. Cette substance est choisie en fonction de l'organe ou du tissu à observer sur lequel elle va se fixer. Et ses rayonnements sont détectés à l'aide d'un système d'imagerie appelé gamma-caméra. Selon l'organe et la pathologie, le tissu malade apparaîtra alors à l'écran comme une zone chaude par rapport au tissu sain ou, à l'inverse comme une zone froide. On peut faire des scintigraphies osseuses, des scintigraphies thyroïdiennes, des scintigraphies pulmonaires...

Autre technique de la médecine nucléaire diagnostique, plus récente, la tomographie par émission de positons (TEP) est aussi

une scintigraphie, mais elle permet de localiser plus finement la zone d'émission et permet un dépistage précoce des cancers ou le diagnostic de maladies dégénératives comme la maladie d'Alzheimer.

Deuxième usage : irradier pour détruire les cellules malades

Outre son utilité dans le diagnostic, la radioactivité a également largement prouvé son efficacité dans le traitement de maladies graves, de cancers notamment. Son principe : irradier des cellules cancéreuses pour altérer leur ADN, les empêcher de se multiplier, et finalement les détruire.

La **radiothérapie interne** consiste, comme son nom l'indique, à injecter des sources radioactives dans le corps via une injection de médicaments radiopharmaceutiques spécifiques : on parle alors de **radiothérapie métabolique**.

Et la recherche se poursuit en médecine nucléaire. De nouveaux radionucléides sont ainsi élaborés pour diagnostiquer toujours plus précocement, suivre plus précisément les traitements et cibler plus efficacement les cellules cancéreuses.

¹ Première diffusion le mardi 22 juin 2021, disponible en replay sur Troyes Aube Radio



<https://bit.ly/3uGwSDy>



Les différents types de radiothérapie pour le traitement des cancers

La radiothérapie est un traitement courant des cancers. Son principe: utiliser des rayonnements (on parle aussi de rayons ou radiations) pour cibler et détruire les cellules cancéreuses. Néanmoins, ces rayonnements ne proviennent pas tous des mêmes sources. Raison pour laquelle on distingue radiothérapie externe et radiothérapie interne.



En **radiothérapie externe**, on utilise des machines situées à proximité du patient (des accélérateurs de particules) pour générer des rayons X ou des électrons qui traversent la peau pour atteindre une tumeur cancéreuse et la détruire.

En **radiothérapie interne** (ou radiothérapie interne vectorisée ou radiothérapie métabolique), on administre, généralement par voie orale, une substance radioactive couplée à une molécule porteuse. Et c'est ce médicament radiopharmaceutique qui va émettre des rayons (bêta ou alpha) sur les cellules cancéreuses sur lesquelles il se sera fixé. Cette technique est également appelée médecine nucléaire thérapeutique.



De grands progrès en radiothérapie externe

— Au cours des 20 dernières années, les techniques se sont sans cesse modernisées pour mieux cibler les traitements et diminuer les risques d'irradiation des cellules saines. La plus utilisée de nos jours est la **radiothérapie conformationnelle 3D** qui fait correspondre le plus précisément possible le volume sur lequel sont dirigés les rayons au volume de la tumeur, en épargnant au maximum les tissus sains avoisinants. La **protonthérapie** est réputée pour être la plus précise. Elle utilise des faisceaux de protons accélérés dont l'un des avantages est de peu se disperser sur leur trajectoire pour augmenter le dépôt d'énergie sur la tumeur tout en évitant les cellules voisines. Seul inconvénient, cette technique nécessite des installations très coûteuses. Elle est aujourd'hui principalement utilisée pour traiter certains cancers chez l'enfant ou certains cancers de l'œil.

Médecine nucléaire: et demain?

Les recherches et essais cliniques en médecine nucléaire menés actuellement dans le monde permettent d'ouvrir la voie à de nouvelles possibilités thérapeutiques pour les patients.

Les innovations à venir dans le champ de la médecine nucléaire concernent en particulier les traitements, à savoir la radiothérapie interne vectorisée (RTIV). Ces nouveaux traitements s'appuient sur l'utilisation de nouveaux radionucléides couplés à des molécules « porteuses » pour former le médicament radiopharmaceutique (MRP). Ce MRP est administré au patient via une injection intraveineuse dans la plupart des cas. « *Le traitement de certains cancers métastatiques de la prostate est ainsi en train de s'améliorer. Un essai clinique de phase 3 mené à l'échelle mondiale*

(essai intitulé « Vision ») a permis de valider l'efficacité d'un nouveau médicament radiopharmaceutique composé de Lutétium 177 (radionucléide) et de PSMA 617 (molécule porteuse) », explique Célian Michel, physicien médical au sein de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Du fait de ces résultats prometteurs, il semble probable que ce nouveau traitement obtienne prochainement une autorisation de mise sur le marché. Et nombre d'essais cliniques moins avancés testent d'autres radionucléides pour lutter contre le cancer de la prostate, qui est le cancer le plus

fréquent chez l'homme. Citons par exemple l'actinium 225 dont les émissions de rayonnements alpha intéressent beaucoup. « *Car ce radionucléide a la capacité d'émettre une grande quantité d'énergie et de manière très localisée* », précise Célian Michel. Ils limitent donc les dommages potentiels aux cellules saines voisines, tout en attaquant les cellules cancéreuses avec plus de puissance. On parle d'alphathérapie. Par ailleurs, les recherches sur l'utilisation clinique de nouveaux radionucléides promettent aussi d'améliorer les diagnostics. Gallium 68, cuivre 64 ou encore zirconium 89 ont chacun des propriétés qui, couplées à celles de molécules porteuses, vont, par exemple, améliorer la qualité de l'image d'une zone malade, ou permettre de mieux explorer le comportement et l'évolution de cellules cancéreuses.

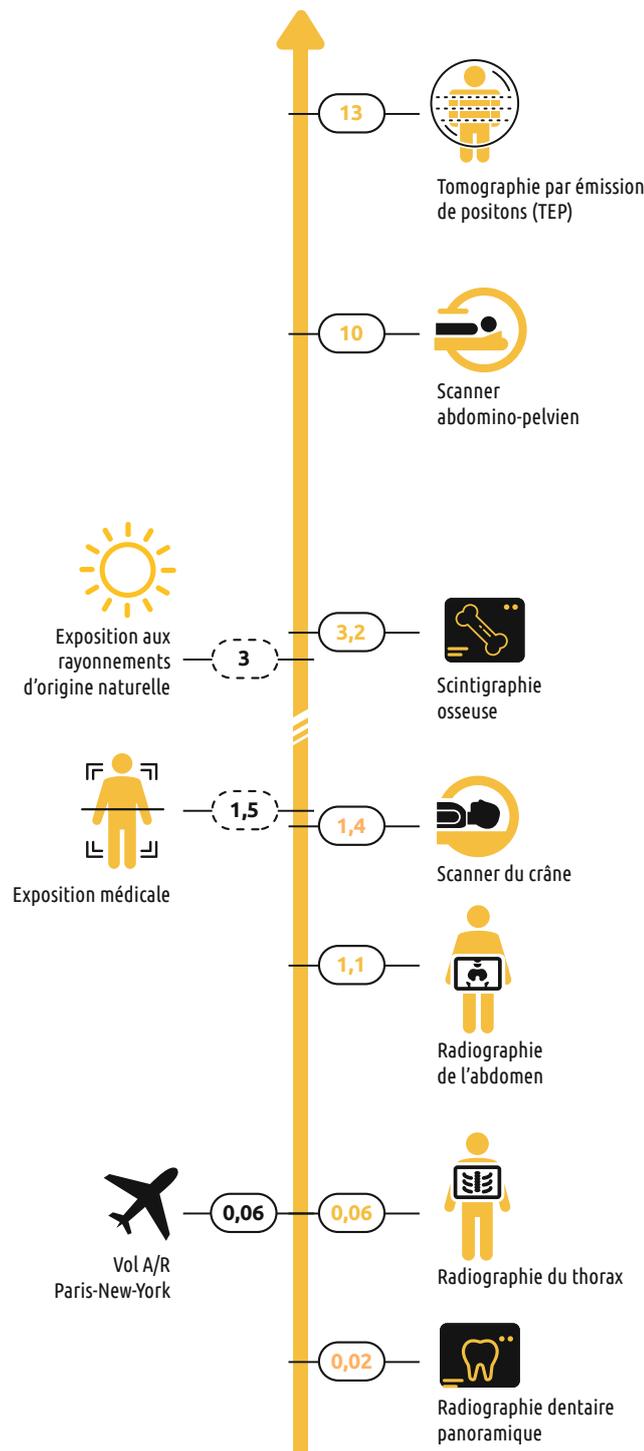
Traitement ou diagnostic : à quelles doses de rayonnement s'expose-t-on ?

Exposition dans un contexte médical

L'impact du rayonnement sur la matière vivante se mesure en sievert (Sv).

 Dose moyenne en mSv/an

 Dose « ponctuelle » en mSv



Une discipline médicale très encadrée

— Parce qu'elle s'appuie sur l'utilisation de la radioactivité, la médecine nucléaire fait l'objet **d'une réglementation précise et de contrôles fréquents** réalisés par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). C'est aussi l'ASN qui accorde les autorisations pour les activités nucléaires relatives à la fabrication, la détention et l'utilisation de radionucléides. Les inspections dans les services de médecine nucléaire réalisées par l'ASN permettent de s'assurer notamment du respect des règles relatives à la radioprotection des patients comme du personnel.

lepointdevue

Michel Bourguignon

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



Les risques liés aux rayonnements

Pour Michel Bourguignon, les actes médicaux utilisant des rayonnements ionisants au sens large ont contribué à de grands progrès médicaux. Mais ils ne doivent pas faire oublier les risques liés à l'exposition.

Même si la balance bénéfique/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. C'est pour cette raison que deux grands principes doivent guider tout recours à ces techniques, notamment pour l'imagerie : justification et optimisation. Par exemple 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 !

Secteur médical: des déchets pas comme les autres...

En France, l'activité des différents établissements de santé génère des déchets au quotidien. Si une majorité est sans risques, certains sont à risque infectieux et d'autres, radioactifs. Illustration en chiffres.

HÔPITAL

DE QUELS DÉCHETS PARLE-T-ON ?

DÉCHETS GÉNÉRAUX

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



Déchets pharmaceutiques
(vaccins et médicaments périmés par exemple)



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



700 000

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



75 à 90%

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

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

DASRI

Déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI)

pointus et tranchants (seringues, aiguilles, scalpels...) ou pouvant contenir des bactéries, parasites ou virus, telles des compresses, du sang...



DÉCHETS RADIOACTIFS

Déchets radioactifs

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



Entre **1 et 10 m³**

C'est en moyenne le volume de déchets radioactifs produits chaque année (tous modes de gestion confondus) au sein des 300 établissements référencés.



2018 m³

C'est, à fin 2020, le volume de déchets radioactifs géré en décroissance par les établissements de santé.

Déchets stockés dans les centres de l'Andra



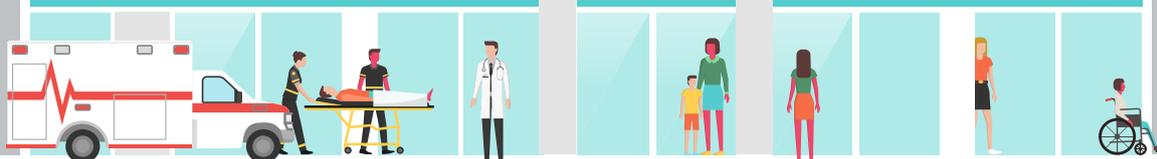
0,7%

des déchets radioactifs déjà stockés ou destinés à être pris en charge par l'Andra sont issus du secteur médical.

Ce qui représentait environ **11 000 m³** à fin 2020.

ACCUEIL

H



... et une gestion sur mesure

Les actes de diagnostic et de thérapie effectués dans les services de médecine nucléaire génèrent des déchets radioactifs. Liquides, gants ou seringues ayant servi aux traitements, tout ce matériel contaminé doit être géré en toute sécurité. Au sein des établissements de santé, des protocoles clairs et stricts sont donc suivis selon la nature des déchets. Explications.

Parce qu'elles utilisent des radionucléides, une scintigraphie ou une radiothérapie occasionnent la production de déchets radioactifs. Ils peuvent être solides (gants, blouses, fioles, seringues...) ou liquides (ceux provenant des sanitaires utilisés par les patients traités par exemple). Pour s'assurer de protéger l'homme et l'environnement d'une contamination, les déchets radioactifs doivent être gérés comme tels selon des règles fixées par la loi. Cette gestion dépend principalement du temps pendant lequel les substances qu'ils contiennent resteront radioactives (la radioactivité décroît avec le temps, c'est le phénomène de la « décroissance radioactive »).

Une gestion « en décroissance » pour les déchets de radioactivité courte

« Dans les applications de médecine nucléaire classiques, les radionucléides utilisés ont généralement des périodes de radioactivité très courtes, inférieures à 100 jours. On parle de déchets à vie très courte (VTC). Pour le technétium ou le fluor 18, on parle de quelques heures. L'iode 131, lui, a une période* de 8 jours. Dans ces cas-là, les déchets sont gérés en décroissance sur les sites médicaux où ils ont été produits avant d'être éliminés dans les filières de gestion conventionnelles », explique Christophe Dumas, responsable de la prise en charge des déchets des producteurs non électronucléaires à l'Andra.

Ainsi, les établissements autorisés à pratiquer la médecine nucléaire doivent disposer de locaux spécifiques pour entreposer les déchets solides jusqu'à ce que leur radioactivité ait suffisamment décliné. Comme le notifie l'ASN : « Les



déchets ne peuvent être évacués du lieu d'entreposage qu'après un délai supérieur ou égal à dix fois la période du radionucléide. En cas de présence de plusieurs radionucléides, la période la plus longue de ces radionucléides doit être retenue. » « Pour les déchets liquides, c'est un peu différent, souligne Christophe Dumas. Souvent les établissements de santé utilisent des cuves spécifiques. Tous les liquides potentiellement radioactifs sont récupérés dans ces cuves pour être là encore gérés en décroissance mais la mesure utilisée n'est pas la même : la radioactivité doit ici être inférieure à 10 becquerels par litre avant d'éliminer les effluents contenus dans la cuve. »

L'Andra gère et stocke les autres déchets radioactifs

Les autres déchets, dont la radioactivité décroît plus lentement (au-delà de 100 jours), sont pris en charge par l'Andra.

Mais avant de les remettre à l'Andra, les établissements doivent conditionner ces déchets de manière très stricte : dans des bonbonnes de 30 litres agréées par l'Andra pour les liquides, dans des fûts en plastique PEHD de 120 litres pour les déchets solides incinérables, et dans des fûts métalliques de 120 litres, pour



« Les déchets ne peuvent être évacués du lieu d'entreposage qu'après un délai supérieur ou égal à dix fois la période du radionucléide »

les déchets solides compactables et non compactables.

« Ensuite, une fois que nous les récupérons, les déchets dits incinérables sont envoyés dans une usine spécifique – Centraco – pour être brûlés avant que les résidus et filtres ne soient conditionnés puis stockés au Centre de stockage de l'Aube (CSA), précise Christophe Dumas. Les autres déchets, eux, sont envoyés au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) pour être regroupés avant d'être traités, conditionnés, puis, selon leur catégorie, soit stockés ou entreposés pour les déchets ne disposant pas encore de solution de stockage. »

De leur production à leur élimination ou stockage, les déchets radioactifs du secteur médical font donc l'objet d'un encadrement sur mesure, au même titre que les déchets produits par d'autres secteurs comme l'industrie non électronucléaire, la défense ou la recherche. « L'Andra assure une prise en charge spécifique et centralisée pour les producteurs de déchets autres que ceux du secteur de la production d'électricité nucléaire, du fait du petit volume de leurs déchets, de leur variété et leur répartition sur l'ensemble du territoire », souligne Christophe Dumas. Précisons qu'en 2020, dans le contexte de la crise sanitaire, l'Andra a veillé à assurer une continuité de service pour la prise en charge des déchets issus du secteur médical.

(*) Pour rappel, la période (ou demi-vie) est le temps nécessaire pour que la moitié des atomes se désintègrent naturellement.

REPORTAGE

Médecine nucléaire: dans les coulisses du service de l'hôpital de Troyes

Depuis 1996, le service de médecine nucléaire du centre hospitalier de Troyes se dédie au diagnostic et au suivi de cancers, d'hyperthyroïdies, d'embolies pulmonaires, ou encore de pathologies inflammatoires. Et pour garantir des soins de qualité en toute sécurité, les mesures de radioprotection et la gestion des déchets radioactifs y font l'objet d'une vigilance et de contrôles minutieux. Reportage.



Premier établissement de soins de l'Aube, le centre hospitalier de Troyes a ouvert il y a 25 ans un service dédié à la médecine nucléaire. Situé dans le bâtiment Bernadette Chirac, il s'étend aujourd'hui sur deux niveaux, en rez-de-chaussée et en premier sous-sol, et compte 2 médecins nucléaires, 9 manipulateurs en radiologie, 4 secrétaires médicales, 1 physicien médical et 2 personnes compétentes en radioprotection (PCR). Un personnel spécialisé auquel s'ajoutent les 5 membres de la radiopharmacie, appelé le « laboratoire » dans le

jargon du service, où sont préparés les traceurs radioactifs administrés aux patients.

Ici, 6000 personnes sont accueillies chaque année pour la réalisation d'examen TEP (tomographies par émissions de positons) et de scintigraphies. « C'est la partie imagerie. Nous avons aussi une unité thyroïde avec un endocrinologue qui dispose d'un échographe et du panel d'examen qu'on peut réaliser en médecine nucléaire », décrit le docteur Ahmed Chetouani, chef du service.

En revanche, le service ne pratique pas de radiothérapie interne, laquelle nécessite d'avoir des chambres plombées pour traiter les patients hospitalisés sur plusieurs jours. « Mais nous avons une activité de thérapie "légère" praticable en ambulatoire, ajoute le docteur Chetouani. Le patient vient, prend son traitement – des gélules d'iode pour le traitement de l'hyperthyroïdie ou des synoviorthèses* pour les pathologies articulaires –, puis peut partir dans la journée sans procédure particulière. »

En zone limitée

Néanmoins les entrées et sorties dans le service sont contrôlées avec attention. Radioprotection oblige. Le service est ainsi divisé en deux zones: au rez-de-chaussée l'accueil et les bureaux administratifs et en sous-sol le laboratoire

et les salles dédiées aux examens. « Plusieurs salles d'injection du côté TEP et du côté scintigraphie qui permettent d'injecter le radiotraceur aux patients. Une salle dans laquelle on fait faire des épreuves d'efforts aux patients qui réalisent des scintigraphies myocardiques. Une salle de ventilation pour réaliser cette fois des scintigraphies pulmonaires permettant d'étudier la répartition de la distribution de la ventilation dans les poumons », précise encore le chef du service. Dans cette partie, on est en zone délimitée: toutes les sources radioactives ou potentiellement radioactives s'y trouvent. « Quand les membres du personnel entrent dans cette zone, ils doivent être porteurs de dosimètres. Ce qui permet de calculer en continu les doses qu'ils reçoivent et de s'assurer qu'ils ne sont pas surexposés, explique Félix Lalle, coordinateur de médecine nucléaire du centre hospitalier de Troyes. De plus, les

«
Quand les membres du personnel entrent dans cette zone, ils doivent être porteurs de dosimètres. »

Félix Lalle

Coordinateur de médecine nucléaire du centre hospitalier de Troyes



accès à cette zone sont contrôlés grâce à des portes à badge. Et selon les radioéléments manipulés dans chaque salle, des épaisseurs de plomb ont été appliquées sur les murs afin de pallier tout risque de contamination extérieure. »

Formation continue et traçage des déchets

Mais les mesures de radioprotection du service ne s'arrêtent pas là. Tout le personnel du service suit périodiquement une formation en radioprotection pour les patients et une formation en radioprotection pour les travailleurs. Elles sont obligatoires. La première est assurée par des organismes externes certifiés. Elle s'organise en modules communs et en modules spécifiques aux métiers, puis, à l'issue « il faut passer un examen pour obtenir la capacité à manipuler des radiopharmaceutiques, souligne le docteur Chetouani. Pour les médecins nucléaires par exemple, il est nécessaire de connaître les règles d'optimisation des examens en adaptant les protocoles à chaque patient (en fonction de son poids notamment, ndlr) et tout en respectant les niveaux de référence



Local dédié aux déchets.

diagnostiques communiqués par l'Autorité de sûreté nucléaire ».

Le second type de formation est assuré en interne. Il permet de revenir sur les bonnes pratiques de base, de s'exercer à l'utilisation de nouveaux matériels ou encore d'expliquer les nouveautés législatives. Ce temps de formation peut par exemple être l'occasion de réviser le circuit de gestion des déchets.

« Ce sont des déchets d'activité de soin principalement. Tous les déchets contaminés par des sources radioactives ou potentiellement contaminés sont tracés informatiquement. C'est-à-dire que nous savons à tout moment quel produit radioactif ou potentiellement radioactif se trouve dans quel circuit, et dans quelle "poubelle" lorsqu'il est en fin de circuit dans notre local dédié, résume Félix Lalle. Une fois arrivés dans le local, on va les entreposer le temps nécessaire à la décroissance de leur radioactivité. » Les deux principaux radioéléments utilisés dans le service ayant des périodes de 2h et 6h, le service doit généralement les entreposer trois jours avant de les envoyer vers la centrale de déchets du centre hospitalier. « On compte dix périodes pour avoir un délai d'élimination théorique puis, une fois ce délai passé, la radioactivité est évidemment contrôlée avant toute sortie de notre local dédié », indique encore Félix Lalle.

Cette procédure qui concerne les déchets radioactifs solides est différente pour les déchets radioactifs liquides produits sur le site, les eaux de nettoyage par

“
Pour les médecins nucléaires il est nécessaire de connaître les règles d'optimisation des examens en adaptant les protocoles à chaque patient et tout en respectant les niveaux de référence diagnostiques communiqués par l'Autorité de sûreté nucléaire. »

Docteur Chetouani

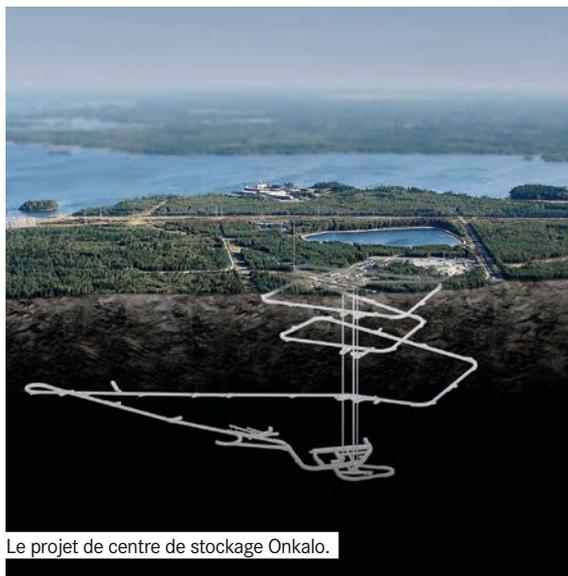
exemple. Ils sont aussi gérés en décroissance, mais sont contenus dans deux cuves: une qui, une fois remplie, voit sa radioactivité décroître le temps nécessaire, pendant que l'autre se remplit, et alternativement. Ainsi, dans le service de médecine nucléaire du CH de Troyes, tous les déchets radioactifs ou potentiellement radioactifs produits sont gérés en interne. « Aucun déchet n'a une période radioactive supérieure à 100 jours et nous n'avons donc pas besoin de faire appel à l'Andra, rappelle Félix Lalle. En revanche, nous avons l'obligation de lui adresser un inventaire de nos déchets chaque année, un document prouvant qu'ils sont gérés en interne selon la procédure réglementaire. »

* Traitement par injection locale d'une substance radioactive afin de détruire la membrane synoviale enflammée responsable entre autres de la destruction du cartilage



Stockage géologique: en Finlande, bientôt la mise en service?

Comment gérer les déchets hautement radioactifs issus des centrales nucléaires à travers le monde? Dès 1987, la Finlande a fait officiellement le choix d'un stockage définitif, dans une couche géologique profonde. En décembre dernier, l'entreprise Posiva, en charge du projet, a déposé auprès du gouvernement une demande d'autorisation d'exploitation de l'installation qui pourrait devenir la première de ce type au monde. Cap sur Olkiluoto, une île de la mer Baltique.



Le projet de centre de stockage Onkalo.

Posiva, une entreprise détenue par les deux exploitants, est tout spécialement chargée de la gestion du combustible nucléaire usé. Le stockage géologique « Onkalo », cousin du projet français Cigéo, est en cours de construction sur l'île d'Olkiluoto qui abrite déjà notamment trois réacteurs nucléaires.

Le principe du stockage finlandais

Les étapes sont les suivantes :

- Le combustible usé séjournera d'abord en piscine de refroidissement puis sera descendu dans l'installation à plus de 400 mètres de profondeur¹.
- Il sera inséré dans des cylindres d'acier eux-mêmes recouverts de cylindres de cuivre.
- Ces « capsules » seront placées dans des tunnels (alvéoles de stockage) aménagés le long des galeries.
- Les alvéoles seront remplies de bentonite, une argile gonflante. Acier, cuivre, argile, le tout dans une roche granitique vieille de deux milliards d'années, la combinaison de ces éléments vise à assurer une protection sur 100 000 ans.³

C'est pour demain

En 2004, un laboratoire souterrain de recherche a d'abord été créé, ce qui a permis de mener des études sur la conception du stockage géologique. Ensuite, à partir de 2016, les travaux de construction de l'installation proprement dite ont pu débuter. D'ici cet été, 5 kilomètres de galeries seront creusées, chacune sur une longueur de 300 mètres. Si l'exploitation est autorisée par les autorités, l'installation sera mise en service vers 2025. D'ici 100 ans environ, le site de

stockage aura atteint sa pleine capacité, Posiva prévoit donc de le fermer vers 2125. ●

437

mètres de profondeur (490 mètres pour Cigéo)

6 500

tonnes de déchets (capacité totale du stockage)

Quid des autres déchets radioactifs ?

— Deux installations de stockage à faible profondeur sont en fonctionnement en Finlande pour les déchets radioactifs de faible et moyenne activité : la première, à proximité de la centrale d'Olkiluoto, où les déchets sont stockés entre 60 et 100 mètres de profondeur ; la seconde, près de la centrale de Loviisa, où les déchets sont stockés à environ 110 mètres. Dans le futur, les déchets radioactifs de démantèlement des réacteurs situés à Olkiluoto seront également pris en charge sur l'installation de stockage à proximité de la centrale.



Un pays pionnier depuis 40 ans

Pour seulement 5,5 millions d'habitants, la Finlande compte 2 centrales avec 4 réacteurs qui produisent 30 % de l'électricité du pays, plus un EPR (réacteur pressurisé européen) qui vient d'être mis en service. Pour stocker le combustible usé des centrales (les déchets de haute activité, les plus dangereux pour l'homme et l'environnement), une solution a été retenue : le stockage définitif des déchets dans une couche géologique profonde. En 2016, les pouvoirs publics ont autorisé la construction d'une installation de ce type, et doivent désormais se prononcer sur l'autorisation d'exploitation.

Des déchets gérés par les producteurs

En Finlande, les déchets radioactifs sont gérés sur place par ceux qui les produisent : les deux exploitants privés, TVO et Fortum. Ils sont sous la responsabilité du ministère du Commerce et de l'Industrie finlandais et leurs activités surveillées par le STUK¹, l'autorité de sûreté finlandaise.

1 L'équivalent de notre Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

2 Ce procédé, calqué sur le modèle suédois, ne prévoit pas de retraitement du combustible usé comme en France.

3 Le temps pour que la radioactivité de ces déchets décroisse suffisamment et ne présente plus de risques.



Pour en savoir plus www.posiva.fi/en



____ PORTRAIT ____

Franck Duret: de la technique au management, 30 ans de défis

Arrivé à l'Andra en 1991, Franck Duret est chef des Centres industriels de l'Andra dans l'Aube (CI2A) depuis octobre 2021. Retour sur les 30 ans de carrière d'un amoureux de la technique devenu rapidement manager, toujours prêt à relever de nouveaux défis.

Franck Duret le reconnaît volontiers, il aime le concret. Très jeune, il voulait devenir ingénieur « sans vraiment savoir dans quelle branche ». À l'École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, il découvre les problématiques d'adduction d'eau, d'hydrogéologie, d'environnement, mais également de déchets... C'est ainsi qu'il débute par un stage de troisième année au CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) à Cadarache. Au retour de son service militaire, il répond à une annonce de l'Andra, qui recherche un ingénieur pour la gestion des effluents et des rejets au Centre de stockage de la Manche (CSM). Ce sera son premier poste.

Huit années intenses au CSM

Nous sommes en 1991, Franck Duret a 25 ans et le voilà en charge de l'exploitation des installations de collecte des effluents du premier centre historique de stockage des déchets radioactifs. Rapidement, il devient adjoint technique puis chef de centre en 1995, à la tête d'une quinzaine de personnes. « Le Centre n'était plus en exploitation depuis un an, mais il fallait préparer les procédures réglementaires pour son passage en phase de surveillance. » Le dépôt de dossier, l'enquête publique, mais également l'interface avec la commission Turpin* ne sont pas les seuls défis à relever. Il doit également établir de nouveaux critères de suivi de l'impact sur l'environnement du Centre et vérifier l'efficacité de la couverture du stockage dont les travaux s'achèvent en 1997.

Faire sortir le CSTFA de terre

En 1999, il rejoint le Centre de stockage de déchets de faible et moyenne activité à vie courte de l'Aube (CSFMA), devenu depuis le Centre de stockage de l'Aube (CSA). D'abord responsable du service sûreté et environnement, il prend en charge, dès décembre 2000, le projet de construction du Centre de stockage des déchets de très faible activité (CSTFA), devenu depuis le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires). Il a trois ans pour ouvrir l'installation. « Je me sentais parfois comme Numérobis dans Astérix et Cléopâtre, avec une mission quasi impossible à boucler en temps et



Franck Duret



Je me sentais parfois comme Numérobis dans Astérix et Cléopâtre, avec une mission quasi impossible à boucler en temps et en heure! »

en heure! Ce fut une période très intense, mais nous avons été au rendez-vous et le CSTFA a ouvert en août 2003. Personne ne m'a jeté aux crocodiles! » s'amuse Franck Duret.

Nommé chef du service projets, études et réalisations en 2009, Franck Duret se voit plus comme chef d'orchestre d'une équipe aux métiers très différents: génie civil, mécanique, ventilation, informatique... qui intervient « dès que quelque chose change sur les Centres ». Et en douze ans les deux sites en connaissent des transformations: sur le Cires, deux bâtiments dédiés aux déchets radioactifs issus d'activités non électronucléaires sortent de terre, un nouveau système de toit-abri pour protéger le stockage est développé par des ingénieurs de l'Andra, une alvéole dédiée aux déchets TFA de grandes dimensions est construite. Au CSA, il supervise la construction de trois tranches d'ouvrages de stockage et d'une installation pour des contrôles spécifiques sur les colis de déchets.

Depuis octobre 2021, Franck Duret a pris le poste de chef des centres industriels de l'Andra dans l'Aube (CI2A). Il s'étonne lui-même de son parcours à l'Andra et tient à rappeler à quel point chaque poste l'a passionné. « Quand je suis entré à l'Andra en 1991, j'ai visité le Centre de l'Aube qui était alors en construction. Si on m'avait dit que j'en prendrais un jour la direction, je ne l'aurais jamais cru! » ●

* Commission présidée par Michel Turpin, mise en place le 2 février 1996 pour donner un avis sur l'impact du CSM sur l'environnement et les dispositions prévues par l'Andra afin d'assurer la surveillance du site.



CHANTIER

À Ganagobie, plus qu'un chantier d'assainissement, un travail d'enquête

Depuis plusieurs années, l'Andra assure, au titre de sa mission de service public, l'assainissement d'un ancien laboratoire pharmaceutique laissé à l'abandon par un entrepreneur peu scrupuleux. Résultat: de nombreux produits non identifiés... et un chantier aussi complexe qu'atypique. Retour sur un travail d'enquête au long cours.



Dans le village de Ganagobie, entre Manosque et Gap, dans les Alpes-de-Haute-Provence, une maison *a priori* banale est surnommée la « villa radioactive »: sur ce site, l'entreprise Isotopchim a produit, pour des laboratoires pharmaceutiques, des molécules marquées au carbone 14 (lire encadré) de 1986 à 2000, avant de déposer le bilan en abandonnant la « villa ». Les exploitants d'Isotopchim ne se sont pas embarrassés de précautions et ont laissé sur place des produits chimiques, liquides et solides, contaminés. « C'est la première fois que l'on était confronté à une telle pollution radioactive intentionnelle en France », souligne Nicolas Benoit, responsable du pôle d'assainissement des sites pollués par la radioactivité à l'Andra.



Le chantier d'assainissement d'Isotopchim s'est révélé très long et complexe car on ne connaissait pas précisément la nature des produits chimiques et radioactifs présents. »

Inventaire et premières évacuations

Au-delà du carbone 14, les éléments radioactifs utilisés dans le cadre de l'activité d'Isotopchim sont nombreux: du tritium, du phosphore, du fluor ou encore du soufre. « La plupart des chantiers sur lesquels nous intervenons sont d'anciens ateliers liés à l'utilisation du radium, le cas d'Isotopchim se distingue par un certain nombre de risques physico-chimiques. Quand nous sommes arrivés sur le site, il y avait quelques mètres cubes de produits chimiques liquides et près de 3 000 flacons de produits solides dont nous n'avons aucune information sur la composition », raconte Nicolas Benoit. Or l'absence d'information sur les produits chimiques utilisés empêche la prise en charge des déchets par les filières de gestion habituelles de l'Andra... et personne ne sait exactement ce que recèlent les locaux laissés à l'abandon! Commence alors un long et minutieux travail de caractérisation chimique et radiologique...

Un premier inventaire est fait en 2003, qui permet d'évacuer une première partie des substances

présentes, notamment les produits chimiques non radioactifs. Puis, de 2004 à 2016, de nouvelles analyses sont menées avec le CEA pour poursuivre l'évacuation des produits solides: « Le CEA est chargé d'analyser les produits solides afin de pouvoir détruire par incinération tous les produits radioactifs qui pouvaient l'être », explique Nicolas Benoit.

Soixante-dix mètres cubes de déchets divers (matériels de laboratoire, paille, sorbonne) sont pris en charge dans les centres de l'Andra dans

Carbone 14

— Le carbone 14 est connu pour son utilisation dans la datation des vestiges archéologiques, mais il est également utilisé comme traceur pour suivre par exemple l'efficacité d'une molécule médicamenteuse en phase de développement. Isotopchim synthétisait ces molécules marquées pour les commercialiser aux industries pharmaceutiques.

l'Aube, tandis que le Centre nucléaire de traitement et de conditionnement des déchets faiblement radioactifs, Centraco, de Cyclife France (dans le Gard), se voit confier la destruction de la moitié des produits chimiques liquides. Seulement la moitié? Oui, car pour les tout derniers déchets, un mètre cube de déchets liquides et 40 kg de déchets solides, une nouvelle phase d'analyse, sur site, est nécessaire.

Un vrai travail d'enquête

Cette opération, menée avec la société Curium, spécialiste de l'analyse et de la caractérisation chimique et radiologique, a nécessité d'installer un « laboratoire de campagne » à l'arrière du bâtiment. Désormais, tous les déchets restants sont dans une unique pièce, sécurisée, de la « villa radioactive ». Elle n'est accessible qu'en étant vêtu d'une combinaison protégeant de la contamination avec apport d'air respirable. Les opérateurs sortent par un sas de décontamination « où ils doivent vider une bombe de laque sur leur combinaison pour plaquer les particules radioactives et éviter de les transporter à l'extérieur de cette zone », explique Séverine Permingeat, chargée d'activités radioactivité nucléaire pour le laboratoire Curium. Dans le laboratoire, des dispositifs appelés barboteurs contrôlent le taux de carbone 14 dans l'air ambiant. Les laborantins travaillent sous une hotte aspirante quand ils manipulent les flacons: ils y prélèvent des échantillons qui font

l'objet d'analyses chimiques et radiologiques. « Notre objectif est d'évacuer les produits chimiques liquides vers les centres de l'Andra. Pour ce faire, la première étape a consisté à identifier les caractéristiques physico-chimiques des produits et leur comportement pour ne pas provoquer de réactions chimiques lors des assemblages », détaille Nicolas Benoit. Et lorsque des produits présentent les mêmes risques, les éléments identifiés sont préalablement regroupés afin de minimiser le nombre d'analyses à réaliser.

La sécurité, une priorité

— Afin d'assurer la sécurité des lieux et prévenir les risques liés aux incendies dans la région, l'Andra est également en charge de l'entretien extérieur, dans la zone clôturée autour de l'installation. Des opérations de défrichage sont ainsi régulièrement réalisées.

Ce travail minutieux permet de pré-assembler des produits de même famille pour ensuite les orienter vers les filières de gestion adéquates: stockage ou entreposage sur les centres de l'Andra dans l'Aube, traitement par incinération ou solidification sur le site de Centraco, avant leur envoi sur les installations de l'Andra.



Caractérisation des échantillons dans le laboratoire d'analyse installé sur le site.

Il faudra ensuite analyser la quarantaine de kilos de déchets solides restant sur le site afin d'acquérir leurs caractéristiques radiologiques et chimiques, qui à ce jour ne sont pas connues. « Ces mesures permettront de déterminer leur exutoire et les traitements nécessaires à effectuer sur ces produits afin de les orienter vers les filières de gestion adaptées, probablement en entreposage sur les installations de l'Andra », précise Nicolas Benoit. Les résultats des analyses sont attendus à l'été 2022, avec l'objectif visé de finaliser leur prise en charge dans les deux ans à venir.

Pour terminer de dépolluer les 500 m² du site, et notamment le bâtiment du laboratoire, le chantier durera vraisemblablement jusqu'en 2025, tandis que le démantèlement du bâtiment – qui contient de l'amiante – est espéré pour 2028 ou 2029. ●



Prise d'échantillon pour analyse dans la zone contrôlée.

Le saviez-vous?

— Lorsque le responsable d'une pollution radioactive est absent, insolvable ou s'il n'existe plus, c'est l'Andra, missionnée par la Commission nationale des aides dans le domaine radioactif (CNAR), qui prend en charge leur assainissement et la gestion des déchets radioactifs qui en découlent.



Laboratoire d'analyses et de contrôles de l'Andra au CSA.

Les agréments du laboratoire d'analyses de l'Andra: un gage de fiabilité

Chaque année, le laboratoire d'analyses de l'Andra, dans l'Aube, effectue une moyenne de 40 000 mesures environnementales. Une mission pour laquelle il doit obtenir les agréments de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), indispensables pour que les résultats de ces analyses soient reconnus valides.

Pour s'assurer que les activités des centres de stockage de l'Andra ont un impact sur l'environnement le plus faible possible, l'Andra met en œuvre un programme de surveillance environnementale. Pour réaliser les analyses, elle dispose de son propre laboratoire d'analyses radiologiques au Centre de stockage de l'Aube (CSA). Les appareils utilisés par ce laboratoire permettent de détecter si des éléments radioactifs sont présents dans les différentes eaux (souterraines, pluviales...), l'air, les végétaux, la chaîne alimentaire, etc., à partir d'échantillons prélevés autour et à l'intérieur des deux sites de stockage dans l'Aube (le CSA et le Cires - Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage) et du Centre de stockage de la Manche (CSM). Au total, il réalise 90 % des analyses radiologiques prévues par le programme de surveillance. Les 10 % restants sont effectués par des laboratoires extérieurs.

26 agréments à renouveler tous les 5 ans

Pour que les résultats soient valides et puissent être rendus publics, le laboratoire de l'Andra doit obtenir l'agrément de l'ASN. « Les agréments de l'ASN s'appliquent à 17 catégories de mesures radioactives (isotopes de l'uranium et du plutonium, gaz halogénés, etc.) dans 5 compartiments environnementaux (eau, sols, végétaux, aérosols, gaz). Ils sont obligatoires pour pouvoir diffuser les résultats de nos analyses sur le site Internet du Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement (RNM)* et auprès du grand public », précise Hervé Caritey, chef de service du laboratoire d'analyses et de contrôles du CSA. « Notre laboratoire détient 26 agréments qui sont délivrés pour 5 ans maximum, nous devons donc en renouveler environ 5 par an ». Ainsi, chaque année, le laboratoire du CSA envoie à la commission d'agrément de l'ASN des dossiers

d'aptitude qui comportent deux volets: l'un sur l'organisation du laboratoire et l'autre sur ses résultats aux tests d'intercomparaison. L'organisation est conçue dans le respect des exigences de la norme ISO 17025, qui encadre le travail de laboratoire, les prélèvements et les moyens mis en œuvre. Les mesures sont, quant à elles, évaluées grâce aux essais dits de comparaison interlaboratoire. L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) envoie, à chaque laboratoire demandant un agrément, des échantillons inconnus d'eau, de sol ou de végétaux. « Nous analysons ces échantillons avec nos méthodes et suivant notre protocole et nous envoyons nos résultats à l'IRSN, qui est seul à connaître les valeurs attendues. L'IRSN va les comparer à ses propres valeurs et valider ou non nos résultats », explique Hervé Caritey.

L'agrément, un gage de fiabilité

La commission d'agrément de l'ASN s'appuie donc sur la robustesse de l'organisation mise en place, et sur la justesse des valeurs mesurées sur les échantillons en aveugle, pour statuer sur la délivrance ou non d'un agrément au laboratoire. « Ces agréments, délivrés par l'ASN, organisme indépendant, sont un gage de crédibilité technique du laboratoire, ajoute Hervé Caritey. Ils démontrent la compétence de notre laboratoire à fournir des résultats fiables. »

Les agréments ne sont pas le seul moyen de garantir la fiabilité des résultats de l'Andra. L'ASN mène régulièrement ses propres inspections, de manière programmée ou inopinée. Elle réalise des prélèvements en doublons et les confie à un laboratoire qu'elle a mandaté. Ses valeurs sont ensuite comparées à celles obtenues par le laboratoire de l'Andra. Enfin, la commission locale d'information (Cli) de Soulaïnes, qui suit les activités du CSA, mène aussi régulièrement des campagnes de prélèvements. Les résultats sont analysés par un laboratoire agréé de son choix et comparés eux aussi à ceux du laboratoire de l'Andra. Les résultats restitués par les laboratoires mandatés et ceux présentés par l'Andra sont toujours identiques. ●

*Site du Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement: mesure-radioactivite.fr

ANNIVERSAIRE

Groupes mémoire: 10 ans de travaux!

Comment préserver la mémoire des sites de stockage des déchets radioactifs à travers le temps? Les groupes de réflexion sur la mémoire de l'Andra travaillent sur cette question majeure depuis 2011. Réunis à l'occasion de leurs 10 ans, ils ont partagé leurs idées et leurs projets.

Riverains, élus locaux, acteurs de la vie associative, ils habitent dans la Manche, en Meuse/Haute-Marne, dans l'Aube. Aux côtés de l'Andra, ils réfléchissent et mettent en œuvre des actions pour transmettre la mémoire du stockage aux générations futures et sensibiliser le public.

Des solutions créatives et innovantes

Leurs réalisations font appel à différentes ressources culturelles, artistiques ou ludiques : bande dessinée de science-fiction *La mémoire oubliée*, saynètes théâtrales *En connaître un rayon*, tableau collectif *Devoir de mémoire*, escape game, collecte d'anciens articles de presse. Les informations principales à retenir du Centre de stockage de la Manche ont aussi fait l'objet d'un document, appelé « ultra-synthèse ».

Début décembre, les groupes mémoire ont célébré l'anniversaire de leur création en Bourgogne, avec au programme : la visite du MuséoParc d'Alésia et une

conférence sur la mémoire et les traces, animée par une archéologue et une anthropologue. De quoi nourrir la réflexion et susciter de nouveaux projets! ●



— La question de la conservation et de la transmission de la mémoire des centres de stockage vous intéresse? Vous souhaitez rejoindre le groupe mémoire de l'Aube?
Contact : comm-centresaube@andra.fr

MÉTIER

Géologue: et pourquoi pas moi?

Dans le cadre d'un partenariat avec l'université de Technologie de Troyes sur le programme « Égalité des chances », l'Andra fait découvrir aux lycéens ses métiers des filières techniques et scientifiques, notamment celui de géologue.



Pour la deuxième année consécutive, Albert Marchiol, géologue à l'Andra depuis 1994, a rencontré des élèves du lycée Gaston-Bachelard de Bar-sur-Aube. Il leur a présenté sa discipline, son parcours et les conditions d'exercice de son métier dans un secteur d'activité bien spécifique. Une démarche importante selon lui, car « *les lycéens n'ont peu ou pas de contact avec le monde du travail et peu l'occasion de découvrir les nombreuses possibilités qui leur sont accessibles* ».

Se découvrir une vocation

Être géologue, c'est d'abord avoir la connaissance d'un domaine

pointu : la science des parties de la terre accessibles à l'observation. C'est étudier leur histoire, formuler des hypothèses sur leur agencement entre elles au fil du temps. Un certain nombre de qualités et d'envies sont nécessaires : curiosité, aptitude à travailler en équipe et à parler plusieurs langues, mobilité géographique.

À l'Andra, le géologue intervient dans toutes les étapes de la vie d'un centre de stockage, de sa conception à sa phase de fermeture et de surveillance. Ce que ne devaient pas soupçonner ces lycéens avant leur rencontre avec le professionnel! ●



Avant de mener leur réflexion, les collégiens ont visité les Centres de l'Aube de l'Andra.

Conserver la mémoire des centres de stockage? Les élèves de 3^e planchent sur le sujet!

Comment faire perdurer l'identité d'un site sur le long terme? Voilà un sujet de réflexion inhabituel pour des collégiens de 3^e. Accompagnés par leurs professeurs de technologie et d'arts plastiques, les 82 élèves du collège de Brienne-le-Château se sont frottés à cette question. Résultat? Des projets qui ne manquent pas d'inspiration... Revue de détails.

Depuis plusieurs années, Myriam Duval et Thierry Hidalgo, respectivement professeurs de technologie et d'arts plastiques au collège Julien Regnier de Brienne-le-Château, travaillent ensemble dans le cadre d'« enseignements pratiques interdisciplinaires » (EPI). L'objectif: mettre en commun leurs disciplines pour faire plancher leurs élèves sur un sujet concret, et une notion centrale, le design. « *Le design a ceci de particulier qu'il associe une dimension artistique à une création technologique* », explique Thierry Hidalgo. Recherches, planche tendances, maquettes, présentation... Les EPI doivent permettre aux collégiens de mener un projet de A à Z, qu'ils

pourront s'ils le souhaitent présenter à l'oral du DNB (diplôme national du brevet). « *Il s'agit de les amener à engager une vraie démarche de projet en lien avec une réalité* », précise le professeur d'arts plastiques.

S'approprier la mémoire

Et cette année, Myriam Duval et Thierry Hidalgo n'ont pas choisi la facilité en proposant à leurs élèves de concevoir un moyen de conserver sur le long terme la mémoire des centres de stockage de l'Andra. Design graphique, design d'objet et design d'environnement: « *Les sites de l'Andra cochaient ces trois cases.* » Pour les jeunes Auboisiens, dont certains vivent à proximité des

centres, le sujet est aussi éminemment local. Si certains avaient déjà eu l'occasion de visiter les centres de l'Andra, pour d'autres, « passer la barrière » attisait la curiosité...

C'est ainsi que les deux professeurs sont allés à la rencontre de Lauriane Becet, chargée de communication à l'Andra. « *Bien sûr, nous avons tout de suite adhéré à l'idée!* explique-t-elle, *le projet s'inscrivait complètement dans notre mission de transmission de la mémoire des centres, car sensibiliser les jeunes d'aujourd'hui, c'est déjà faire un pas en direction des générations futures.* » Dont acte. Une première visite des centres est organisée, qui scelle l'intérêt des élèves. « *La visite a été déterminante. Ils se sont ensuite très vite impliqués* », souligne Myriam Duval.

Un sujet... et 1 000 questions

Mais le sujet est complexe et le cerner est loin d'être évident... De retour en classe, les questionnements fusent, tandis que les recherches vont bon train. Dans 300 ans, une fois les sites fermés, comment signaler la présence des lieux? Comment alerter de ce qu'ils contiennent? Comment être sûrs

que les générations futures comprendront notre langue ? Comment l'environnement évoluera-t-il ? Autant de contraintes à prendre en compte dans la conception de son projet. « *Toutes ces problématiques impliquent des choix esthétiques et techniques forts, note Myriam Duval. Les élèves ont dû réfléchir à la fonction du lieu, aux matériaux à utiliser, ou encore à la gestion de l'énergie dans le futur...* ». En groupe ou individuellement, les collégiens ont eu carte blanche pour concevoir leur projet. « *Nous ne leur avons donné aucune limite, du moment qu'ils respectaient les contraintes de conservation du site. Chacun a décidé de ce qui lui paraissait le plus.* »

Trois semaines de travail plus tard, les élèves ont été invités à présenter leur maquette et le fruit de leurs réflexions à l'oral, devant leur classe et en présence de l'Andra. Constructions en cristal, jardin botanique, ponts suspendus, références à la mythologie ou aux formes géométriques des centres de l'Andra, espaces muséaux... Les propositions sont à la fois surprenantes et très inspirées. « *Il y a eu une très grande diversité d'approches, tant au niveau des réalisations que dans les choix adoptés, racontent les professeurs. Certains ont axé leur proposition sur le graphisme, d'autres sur le son... Tous les projets étaient pleins de bonnes idées et parfois très poétiques!* »

Ouvrir des pistes d'orientation

À la suite des oraux, une nouvelle rencontre avec l'Andra a été l'occasion d'expliquer aux jeunes les enjeux de



Une des créations des élèves mettant en avant le graphisme.

la conservation de la mémoire et les solutions envisagées par l'Agence. « *Nous ne voulions pas les influencer, explique Lauriane Becet... D'ailleurs nous nous sommes aperçus que certains des projets avaient des similitudes avec les œuvres des artistes qui ont participé à notre concours "Art et Mémoire" !* » (lire encadré). Pour la chargée de communication, les élèves ont brillamment relevé le défi : « *Certaines créations sont vraiment très intéressantes et toutes expriment une sensibilité différente.* »

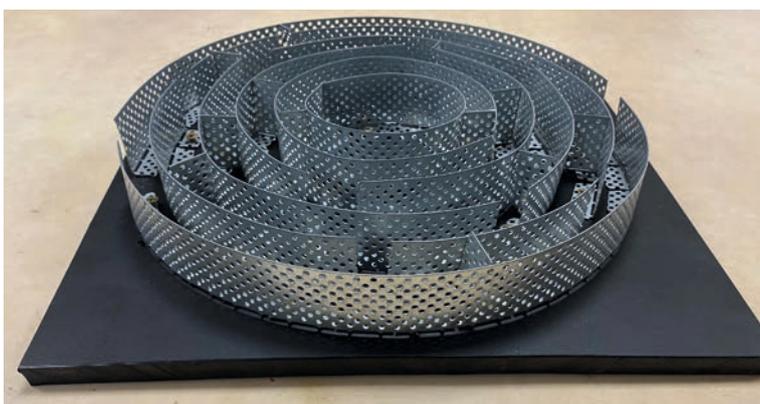
Et le projet ne devrait pas s'arrêter là. Myriam Duval et Thierry Hidalgo travaillent en lien avec l'École supérieure de design de Troyes, dont une partie des étudiants plancheront à leur tour sur le sujet. « *L'objectif est de confronter le travail des uns et des autres mais aussi de sensibiliser nos jeunes élèves aux études supérieures et pourquoi pas faire naître des vocations...* » ●

“
Les élèves ont dû réfléchir à la fonction du lieu, aux matériaux à utiliser, ou encore à la gestion de l'énergie dans le futur... »

Transmettre la mémoire des centres, c'est défier le temps

— Comment indiquer aux générations futures la présence d'un centre de stockage de déchets radioactifs ? Pour répondre à cette question fondamentale, l'Andra conduit un programme sur la conservation et la transmission de la mémoire et fait appel aux citoyens, mais aussi aux artistes (appel à projets « Art et Mémoire ») et aux chercheurs de nombreuses disciplines pour contribuer à sa réflexion.

Pour le Centre de stockage de l'Aube, les objectifs recherchés sont de conserver la mémoire du site durant toute la période de surveillance, soit environ 300 ans, et cela dans un format accessible, compréhensible et utilisable par tous. Les défis sont multiples : définir le lieu et les conditions de conservation les plus pertinents, adapter le langage et le symbolisme et développer les marqueurs de surface sur le long terme...



Une autre des créations des collégiens pour ne pas oublier les centres de stockage.

#ON VOUS RÉPOND

Les déchets radioactifs d'un EPR* sont-ils différents des autres déchets ?

Les déchets radioactifs d'un EPR ont des caractéristiques similaires à ceux produits par le parc de centrales nucléaires actuellement en fonctionnement en France. Un EPR produit ainsi des déchets de très faible activité (TFA), de faible et moyenne activité, principalement à vie courte (FMA-VC), de moyenne activité à vie longue (MA-VL) et de haute activité (HA). Ces déchets peuvent être pris en charge sur les installations de l'Andra actuellement en exploitation, le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage pour les déchets TFA et le Centre de stockage de l'Aube pour les déchets FMA-VC ; ou en projet, le centre de stockage géologique Cigéo pour les déchets MA-VL et HA.

À titre d'exemple, les déchets radioactifs qui seront produits par l'EPR de Flamanville, actuellement en construction, sont déjà pris en compte par l'Andra en vue de leur stockage : les futurs déchets MA-VL et HA figurent dans l'inventaire de référence du projet Cigéo, tandis que les futurs déchets FMA-VC et



EPR de Flamanville.

TFA ont fait l'objet d'échanges préalables en vue de leur prise en charge par le Cires et le CSA. L'autorisation d'expédier des colis sur ces centres devra toutefois être validée par l'Andra au moment de la mise en service de l'EPR.

En février dernier, le Président de la République a annoncé le projet de lancer la construction de 6 nouveaux EPR. Cette annonce a été suivie par la publication d'un rapport, intitulé *Travaux relatifs au nouveau nucléaire*, qui synthétise les travaux conduits sur les coûts, le

calendrier et les conditions de déploiement en France de nouveaux réacteurs nucléaires de technologie EPR2, ainsi que sur les enjeux de préparation de la filière nucléaire française et de gestion des déchets radioactifs, auxquels l'Andra a apporté sa contribution. La question de la gestion des déchets fait partie intégrante des travaux préalables à la décision de l'État concernant la mise en œuvre de nouveaux réacteurs. ●

*EPR : réacteur pressurisé européen.

#ILS SONT VENUS NOUS VOIR



Étudiants de l'ENSAIA (École nationale supérieure en agronomie et industries alimentaires) de Vandœuvre-lès-Nancy

« Après avoir fait ces visites, on a tous envie d'en parler et de partager ce qu'on a vu avec quelqu'un de proche ou de moins proche. Parfois, on rencontre des esprits plus fermés et on se dit qu'il faut absolument qu'ils aillent visiter ces centres. Le fait de voir, on se rend compte qu'il faut bien les mettre quelque part ces déchets. Ça ouvre les esprits ! Et puis, si on connaît les déchets, on ne connaît pas forcément l'Andra et là, on voit et on comprend comment ils sont gérés. »



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

Contactez le service communication au **03 25 92 33 04** ou par mail à **comm-centresaube@andra.fr**



À votre avis, que représente cette scène?
La réponse sur <https://bit.ly/3N5UE37>



Capture ton
patrimoine
industriel



CONCOURS PHOTO

À GAGNER

Des bons cadeaux
de 100€ à 300€



CONCOURS OUVERT À TOUS

du 21 février au 15 mai 2022

Création : Agence Zétruc

  @capturetonpatrimoineindustriel

Règlement et modalités de participation sur :
www.andra.fr ou sur www.centre-unesco-troyes.org

