

Le journal de l'Andra

N° 35
PRINTEMPS 2020
ÉDITION
MANCHE



Hydrogéologie:
la science des eaux souterraines
au service de la surveillance

P.5

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. Au Centre de stockage de la Manche, ont été maintenues les activités liées à la surveillance de l'environnement, à la sécurité et au suivi de la sûreté.

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 Manche N°35



Centre de stockage de la Manche

ZI de Digulleville – BP 807 – DIGULLEVILLE –
50440 LA HAGUE – Tél.: 0810120172 – journal-andra@andra.fr

Directeur de la publication : Pierre-Marie Abadie • Directrice de la rédaction : Annabelle Quenet • Rédactrice en chef : Marie-Pierre Germain • Comité éditorial : Isabelle Deniau, Catherine Dressayre, Florence Espiet, Isabelle Guittonneau, Guy-Roland Rapaumbya • Ont participé à la rédaction, pour l'Andra : Marie-Pierre Germain, Antoine Billat, Anne Brodud, Sophie Dubois, Anne-Sophie Levert, Dominique Mer; 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, Exirys, Clément Dochler, P. Maurein, Polka, Vincent Arbelet, Biplan, apopium/stock.adobe.com, Enresa, AEN (OCDE), SKB, Marc-Antoine Martin/Andra, AIEA, V. Renaud, Eric Poirot/Andra, Thesupermat/Creative Commons, Mathieu Saint-Louis/Andra • Dessin : Aster • 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 - 370-35 • DDP/ DICOM/20-0020 • ISSN : 2106-7643 • Tirage : 39 800 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 :
Centre de stockage de la Manche ZI de Digulleville – BP 807 – DIGULLEVILLE – 50440 LA HAGUE

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. 3/4

L'ACTUALITÉ

P. 5/10

- P. 5 Hydrogéologie : la science des eaux souterraines au service de la surveillance
- P. 8 Centre de stockage de la Manche : la circulation des eaux souterraines
- P. 10 40 pages pour transmettre la mémoire du stockage

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

Surveillance de l'environnement

DEVINETTE: POUR ÉTUDIER LES EAUX SOUTERRAINES ET SURVEILLER LA NAPPE PHRÉA-TIQUE, À QUI L'ANDRA A-T-ELLE RECOURS ?

Ⓐ UN HOMME-GRANDVILLE

Ⓑ UN SOURCIER

Ⓒ UN HYDROGÉOLOGUE



Pour pouvoir évaluer l'impact du Centre de stockage de la Manche sur son environnement, encore faut-il savoir ce qui se passe... en dessous ! C'est tout l'objet de l'hydrogéologie, la science des eaux souterraines. Focus sur une expertise clé à l'Andra (cf. pp. 5 à 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 •



LE CAP DES 2 000 VISITEURS ATTEINT EN 2019



Ce sont précisément 2 176 personnes qui ont franchi les portes du Centre de stockage de la Manche l'année dernière, soit 16 % de plus qu'en 2018.

Le nombre de visites est en constante augmentation, depuis plusieurs années, confirmant ainsi l'intérêt du public de découvrir les installations du centre et s'informer sur la gestion des déchets radioactifs en France. À noter, parmi les événements 2019, l'organisation d'une journée portes ouvertes pour le 50^e anniversaire du CSM, l'exposition photographique « Détours en Cotentin » sur Gustave Bazire, photographe cherbourgeois du début du XX^e siècle, et le nouvel espace d'information inauguré en septembre dernier. Les profils des visiteurs sont variés : des scolaires et des étudiants pour 42 %, le grand public pour 38 %.

En 2019 ce sont plus de 30 nationalités qui ont également été reçues, notamment en mai dans le cadre d'un séminaire européen et en octobre pour un colloque international portant respectivement sur les couvertures et la fermeture d'un centre de stockage de déchets radioactifs. Concernant l'hexagone, les visiteurs viennent pour 37 % d'entre eux de Normandie, 22 % d'Île-de-France et 11 % du Centre-Val de Loire.

Si vous aussi, vous souhaitez rencontrer et échanger avec les équipes du CSM lors d'une visite guidée et gratuite du centre, vous pouvez nous contacter au 08 10 120 172 ou par mail à marie-pierre.germain@andra.fr •

Le bon état de la couverture du centre confirmé

La membrane bitumineuse, élément central de la couverture du CSM ne présente aucun signe de vieillissement. Cette information vient d'être confirmée par les premiers résultats issus de prélèvements réalisés en août 2018.

Tous les cinq à dix ans, l'Andra doit procéder à des contrôles pour vérifier l'état de la membrane bitumineuse, élément clé qui assure l'étanchéité de la couverture qui recouvre les ouvrages de stockage du CSM. Pour se faire, des opérations de prélèvements et d'analyses d'échantillons sont réalisées en divers points sur le site. Dix-huit mois après la dernière opération de prélèvement, les laboratoires d'analyses ont livré leurs premiers résultats.

Un délai certes long, mais qui s'explique par la nature très pointue des essais à réaliser. « Pour chaque prélèvement, on observe les possibles modifications de la membrane : on détermine notamment son épaisseur, sa masse et sa résistance mécanique », décrypte Denise Ricard, ingénieure spécialiste des bitumes et plastiques à l'Andra. « Pour cette première batterie de tests, aucune évolution notable n'a été constatée, ce qui conforte les résultats des travaux menés en laboratoire sur la durabilité de la membrane. »



La perméabilité à l'eau fait également l'objet d'essais. Les résultats partiels sont bons mais ne sont pas tous connus, car il faut attendre encore plusieurs mois pour voir si l'eau pénètre dans les douze échantillons de membrane prélevés. L'Andra prend soin de réaliser des contrôles supplémentaires et plus poussés, notamment avec le laboratoire Subatech de Nantes. S'il faudra attendre fin 2020 pour avoir l'intégralité des résultats, tout indique aujourd'hui, près de vingt-cinq ans après sa pose, que la membrane se comporte bien et assure pleinement son rôle. •



HYDROGÉOLOGIE : LA SCIENCE DES EAUX SOUTERRAINES AU SERVICE DE LA SURVEILLANCE

La surveillance de l'environnement autour de ses activités est une mission clé de l'Andra. Mais pour pouvoir évaluer l'impact d'un centre sur son environnement, encore faut-il savoir ce qui se passe... en dessous ! C'est tout l'objet du modèle hydrogéologique du Centre de stockage de la Manche, mis à jour dans le cadre du dossier de réexamen de sûreté du site et en cours d'instruction par l'ASN et l'IRSN. Le point sur ce maillon indispensable de la surveillance du CSM.

Le Centre de stockage de la Manche (CSM) est aujourd'hui fermé et fait l'objet d'une surveillance afin d'évaluer et de limiter son impact sur l'homme et la nature. L'hydrogéologie, ou science des eaux souterraines, est dans ce cadre une expertise importante à l'Andra, car elle permet de comprendre les phénomènes observés, de prévoir leur évolution dans le temps et de détecter d'éventuels écarts. Hydrogéologue à la direction de la recherche et du développement de l'Andra, Sandra Jenni travaille sur la modélisation et la simulation numériques des écoulements des eaux

souterraines qui vont compléter les connaissances issues de la surveillance des sites. *« Notre travail consiste à comprendre et interpréter les données récoltées et à les utiliser pour construire des modèles, dont entre autres des modèles des écoulements des eaux souterraines et de la migration des radioéléments dans l'eau. »*

Récolter des données

Pour observer ce qui se passe sous le CSM, l'Andra dispose d'une soixantaine de piézomètres, forages installés tout autour du centre de stockage et dans ses alentours. Certains sont communs avec l'usine Orano de La Hague, qui jouxte le site. Ces piézomètres donnent de nombreux renseignements sur les eaux souterraines : niveau de la nappe phréatique, direction des écoulements et temps de transfert des éléments dissous dans l'eau. Des prélèvements permettent également d'obtenir des informations sur la qualité des eaux (mesures radiologiques, paramètres physico-chimiques : pH, température, présence de nitrates, de fer...). Autant de mesures réalisées mensuellement et dont certaines viennent nourrir le modèle hydrogéologique du centre. *« On mesure aussi les précipitations à l'aide de pluviomètres, car elles ont un impact direct sur le niveau de la nappe souterraine, précise Sandra Jenni. Ces variations saisonnières du niveau de la nappe jouent sur la répartition des écoulements*



souterrains issus du centre entre les ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand Bel. La nappe est de plus influencée localement par les pompages de l'usine Orano La Hague. L'ensemble de ces phénomènes se traduit par un système de circulation des eaux souterraines particulièrement complexe. »

Les apports de la modélisation numérique

« Grâce aux données de la surveillance, nous obtenons des mesures en des points précis. Cela nous donne par exemple des informations sur le niveau de la nappe à l'emplacement de chacun des piézomètres, mais ne nous indique pas ce qui se passe entre deux piézomètres. La modélisation permet d'accéder à une meilleure spatialisation des phénomènes », explique Sandra Jenni. « Grâce à la modélisation, on sait aussi quels radioéléments migreront en très faible quantité dans les 50, 100, 200, 300 prochaines années et combien de temps il leur faudra pour atteindre la nappe, puis se retrouver dans des ruisseaux environnants. »





Cela concerne notamment le tritium (cf. encadré), mais aussi d'autres radioéléments. On peut ainsi s'assurer que ce que l'on observe sur place, notamment dans les ruisseaux autour du centre, est normal et détecter quand une situation ne l'est pas. »

La modélisation permet aussi de répondre aux questions sur des situations hypothétiques qui pourraient modifier le comportement du CSM dans le futur. Par exemple, que se passe-t-il si l'usine Orano La Hague arrête de prélever l'eau dans la nappe ? Ou encore si un parking est construit sur une zone auparavant recouverte de pelouse, limitant l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol à cet endroit... Le CSM étant implanté dans une zone

très industrialisée, il est important de prendre en compte l'influence des activités humaines autour du site pour comprendre ce qui se passe dans le sous-sol.

Un processus d'amélioration continue

Lors de la création du CSM, le milieu géologique a été étudié avec les technologies de l'époque, qui ne permettaient pas l'élaboration de modèles hydrogéologiques tels que nous les connaissons aujourd'hui. À partir des années 1990, avec le développement des outils numériques, ce modèle a pu être réalisé puis affiné afin notamment de conduire les évaluations de sûreté.

Il est régulièrement mis à jour pour prendre en compte à la fois les évolutions des outils numériques et les nouvelles données acquises sur le site. La dernière mise à jour du modèle a été finalisée pour le dossier de réexamen de sûreté du centre remis à l'ASN en avril 2019 et en cours d'instruction.

« L'objectif du modèle hydrogéologique est de représenter un milieu naturel très complexe, souligne Sandra Jenni. Pour améliorer ce modèle, on compare les données observées avec celles obtenues via la simulation. Les écarts constatés sont liés à ce qui se passe au niveau très local des variabilités de la roche, sans remettre en cause la compréhension générale des écoulements, à la base de la démonstration de sûreté du centre. C'est un ajustement permanent, qui nous permet d'affiner le modèle au fur et à mesure et de rendre notre démonstration toujours plus robuste. »

Un processus d'amélioration continue, qui se nourrit aussi des échanges réguliers avec le voisin Orano La Hague, qui étudie le même milieu pour ses études de sûreté, mais aussi des remarques des instances d'évaluation et de contrôle. *« Autant d'éléments qui viennent enrichir notre expertise... et peuvent profiter aux autres centres de stockage, en termes d'outils et de méthodes, même si les contextes et les phénomènes observés sont très différents d'un site à l'autre. »* •

LE TRITIUM, UN ÉLÉMENT PARTICULIÈREMENT SURVEILLÉ

Du tritium continue d'être détecté dans les eaux souterraines et les ruisseaux aux alentours du centre. Il provient principalement d'un incident survenu en 1976 sur le CSM, lorsque des colis contenant de grandes quantités de tritium stockés sur le site se sont retrouvés en contact avec de l'eau. Même si la plupart de ces colis ont été repris et réexpédiés chez leur producteur, leur présence a pollué une zone sous le CSM. Lorsque le niveau de la nappe phréatique monte, celle-ci entre en contact avec la zone contaminée, favorisant ainsi la migration du tritium, ce qui explique les principales variations saisonnières des mesures de tritium effectuées dans les ruisseaux aux alentours du centre. Un phénomène identifié et scrupuleusement suivi depuis des années par l'Andra. Le tritium est un élément dont la période radioactive est d'environ 12 ans. Cela signifie qu'il lui faut environ 120 ans pour quasiment disparaître par décroissance radioactive. Aujourd'hui, les résultats de la surveillance sont cohérents avec les prévisions : la baisse du niveau de tritium se poursuit. Et les niveaux mesurés ne présentent aucun danger pour l'homme et pour l'environnement.



L'hydrogéologie, une expertise essentielle de la gestion de l'environnement

INTERVIEW DE...

EMMANUEL SONCOURT, hydrogéologue

L'hydrogéologie est l'un des volets des sciences de la terre. Peu connue, cette discipline complexe étudie les eaux souterraines et l'influence de l'activité humaine sur celles-ci. Si elle intervient dans de nombreux aspects de notre quotidien, elle est avant tout indispensable à une gestion raisonnée de l'environnement.

**Qu'est-ce que l'hydrogéologie ?
Emmanuel Soncourt :**

L'hydrogéologie s'intéresse à tout ce qui concerne les eaux souterraines : les eaux dans le sous-sol et de manière plus large les eaux naturelles, entre le moment où elles touchent le sol et le moment où elles rejoignent une rivière. L'hydrogéologue intervient à chaque fois que les activités humaines peuvent interférer avec ces eaux, que ce soit pour préserver la ressource en eau – d'un point de vue qualitatif et quantitatif – ou pour valoriser cette ressource. C'est un métier très méconnu, mais quand vous vous levez le matin, quel que soit l'endroit où vous habitez, vous utilisez les services d'un hydrogéologue, ne serait-ce qu'en ouvrant le robinet !

Quelles sont les missions de l'hydrogéologue ?

E. S. : Ses missions vont s'inscrire dans la production d'eau (potable, industrielle ou destinée à l'irrigation) :

évaluer la présence de l'eau, connaître la nature des terrains et le comportement des différentes nappes d'eau souterraines, analyser la qualité de l'eau ou le vieillissement d'un ouvrage de captage. Il va travailler également sur tout ce qui concerne la protection de la ressource en eau pour s'assurer que les activités humaines (agricoles, industrielles, de transport) ne risquent pas de dégrader sa qualité.

Comment l'hydrogéologie permet-elle d'anticiper des risques potentiels ?

E. S. : On part toujours de situations observées : les niveaux d'eau mesurés en périodes de basses eaux et de hautes eaux, par exemple. Puis, on va suivre, sur des durées plus ou moins longues, les variations de ces niveaux. À partir de ces observations, on va chercher à reconstituer, grâce à des calculs mathématiques complexes, des situations extrêmes ou qui n'ont jamais été observées. Les méthodes d'interprétation et des formules de calculs analytiques permettent aujourd'hui d'aller très loin dans la simulation.

La préservation de l'environnement, c'est le but de l'hydrogéologue ?

E. S. : Oui, bien sûr, cette dimension est extrêmement forte dans notre métier. Mais cette notion de préservation se colore d'une dimension de gestion de l'environnement. Il ne s'agit pas

Bio express

Emmanuel Soncourt est hydrogéologue depuis 40 ans. Basé en Côte-d'Or, il a fait une grande partie de sa carrière au BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) puis au bureau d'études Antea à Reims et à Dijon avant d'exercer l'hydrogéologie en indépendant. Il est spécialiste des études de ressources en eau, de gestion des eaux superficielles et souterraines, et des dossiers réglementaires au titre de la loi sur l'eau et du code de la santé publique.

d'une préservation « muséale » de l'environnement. À partir du moment où on est au monde, on interagit forcément avec lui. La question qui se pose, c'est qu'est-ce qu'on tolère, qu'est-ce qu'on accepte comme interaction ? Il y a deux types d'interaction. Une interaction que j'appellerai « minière » : on puise dans une ressource de manière excessive par rapport à la capacité de renouvellement de cette ressource – et on prive nos descendants de cette ressource, ce qui est de mon point de vue complètement intolérable – et une autre interaction qui consiste en une utilisation raisonnée de l'environnement : on utilise la partie renouvelable de la ressource sans toucher au capital. •



CENTRE DE STOCKAGE DE LA MANCHE: LA CIRCULATION DES EAUX SOUTERRAINES

L'hydrogéologie permet de comprendre la circulation des eaux souterraines sous le Centre de stockage de la Manche (CSM). Elle prend en compte des mécanismes complexes liés à la géologie et la topographie du site, mais aussi aux conditions météorologiques, sans oublier les activités humaines aux alentours du centre.

Un milieu géologique complexe

Le Centre de stockage de la Manche est installé en limite haute d'un plateau en pente douce. Il est situé dans le Massif armoricain, constitué de roches très anciennes, qui ont été plissées par des mouvements sismiques importants il y a plusieurs centaines de millions d'années. Celles-ci sont organisées en « tranches » verticales ou obliques très altérées, qui constituent sur environ 30 mètres

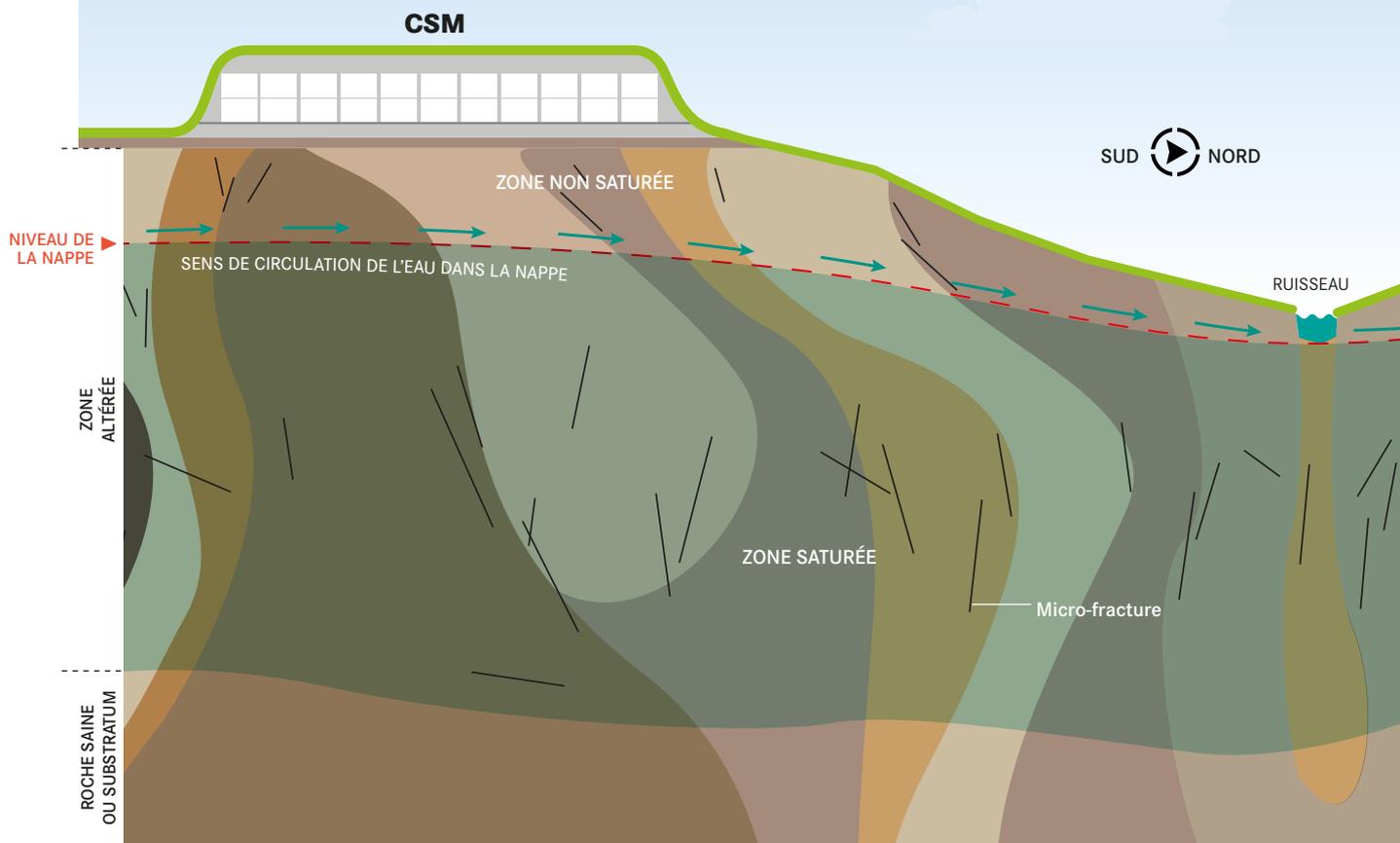
de profondeur un milieu plutôt perméable (dit « aquifère »). Au-delà, les roches plus homogènes et compactes sont moins perméables. Les nombreuses fractures et micro-fractures dans la partie altérée de la roche entraînent une circulation discontinue des eaux, même si celle-ci s'effectue globalement du sud vers le nord-est du site, pour rejoindre les ruisseaux en contrebas.

Qu'est-ce qu'un aquifère ?

C'est une roche réservoir poreuse ou fissurée capable de stocker de grandes quantités d'eau et où celle-ci peut circuler librement.

Elle est constituée:

- d'une zone saturée, où l'eau occupe tous les interstices des roches pour former une nappe d'eau souterraine;
- d'une zone non saturée, comprise entre la surface du sol et la surface de la nappe.

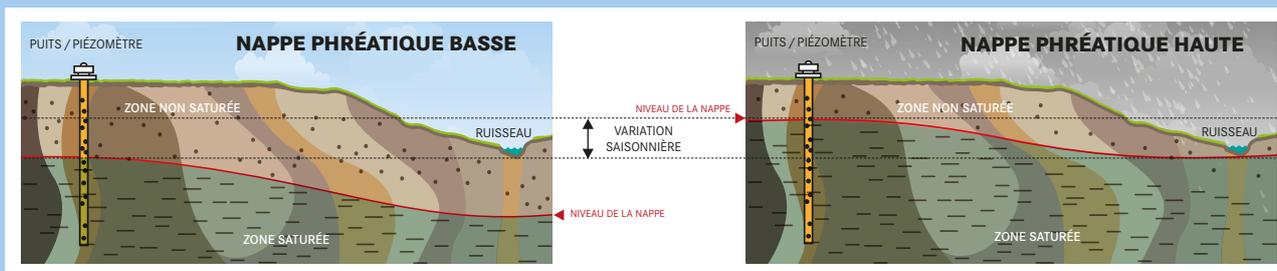


Ces coupes schématiques sont simplifiées pour expliquer l'environnement hydrogéologique du centre de stockage. Elles ne permettent en aucun cas une interprétation fine de la géologie locale.



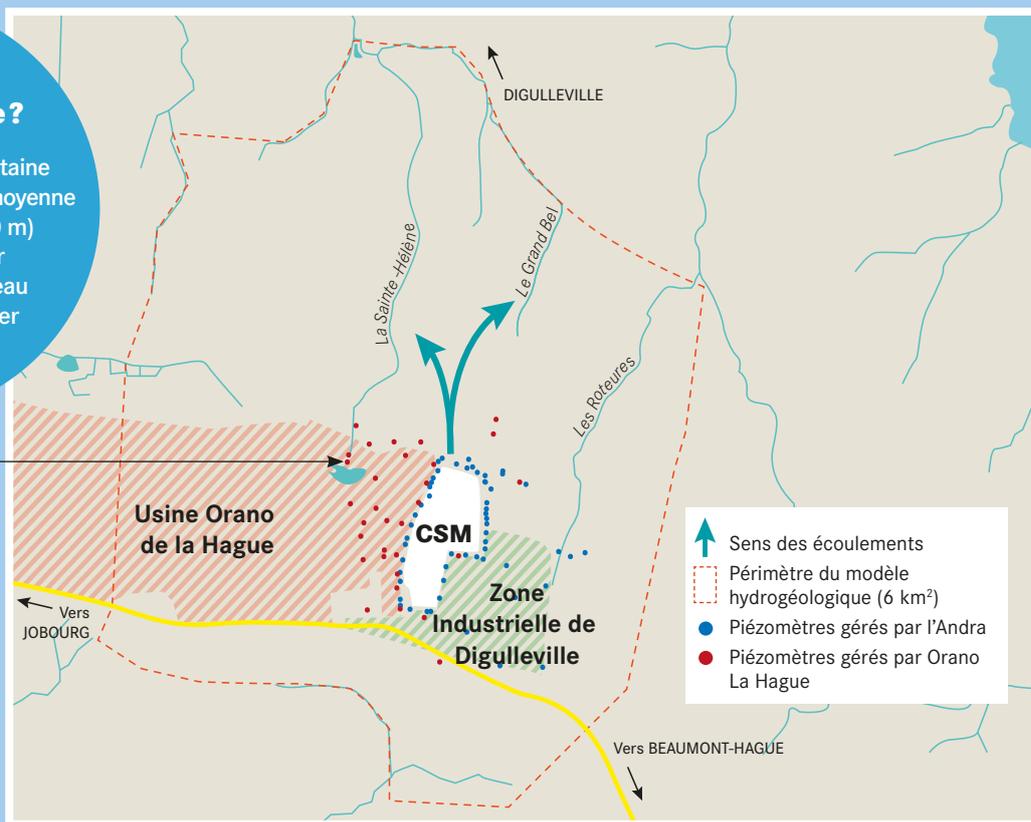
Une surveillance active

L'Andra dispose d'une soixantaine de piézomètres, installés tout autour du centre et dans l'environnement. Ce dispositif vise à surveiller la direction des écoulements souterrains, le niveau de la nappe, son évolution selon les saisons et les conditions météorologiques, mais aussi la qualité des eaux par le biais de prélèvements. Grâce à des techniques de traçage, on mesure également les temps de transfert des éventuels radionucléides qui pourraient s'échapper des colis, migrer vers la nappe, et se retrouver ensuite dans des ruisseaux environnants.



Qu'est-ce qu'un piézomètre ?

C'est un forage sur une trentaine de mètres de profondeur en moyenne (certains vont jusqu'à 100 m) qui permet de mesurer en un point donné le niveau de la nappe, et de réaliser des prélèvements.



Le modèle hydrogéologique

Le modèle hydrogéologique du CSM ne porte pas uniquement sur l'emprise du centre (15 hectares), mais sur une zone beaucoup plus large de 6 km². Il s'appuie sur les données de la surveillance et la connaissance du milieu géologique pour modéliser les écoulements souterrains. On peut ainsi s'assurer que les résultats des mesures issues de la surveillance sont conformes à ce qui était prévu et

détecter d'éventuels écarts. Si les écoulements sont principalement liés à la géologie et à la topographie du site, ils sont aussi sous l'influence des activités humaines autour du centre :

- la partie sud du centre est ainsi drainée par les pompages du site Orano de La Hague ;
- la partie nord du centre est naturellement drainée par les ruisseaux de la Sainte-Hélène et du Grand Bel.



MÉMOIRE

40 PAGES POUR TRANSMETTRE LA MÉMOIRE DU STOCKAGE



Pour transmettre aux générations futures les informations essentielles sur le Centre de stockage de la Manche, l'Andra a travaillé sur un document d'informations clés. Fruit d'une réflexion menée à l'international, ce document, également appelé « Key Information File » a vocation à être diffusé très largement.

Le document d'informations clés, ou « Key Information File », est composé d'une quarantaine de pages qui synthétisent l'essentiel des informations sur le Centre de stockage de la Manche. C'est l'une des pièces du dispositif documentaire conçu par l'Andra pour transmettre et conserver la mémoire du centre (cf. encadré). Mais il a une particularité : avoir été élaboré en étroite collaboration avec les homologues internationaux de l'Agence.

* Preservation of Records, Knowledge and Memory across Generations (préservation des documents, du savoir et de la mémoire par-delà les générations)

Une réflexion large et collective

« Le KIF est né d'une réflexion menée dans le cadre du projet RKM* réunissant 21 participants de 14 pays différents (agences de gestion des déchets, autorités de sûreté, archives nationales...) », explique Jean-Noël Dumont, responsable du programme Mémoire de l'Andra. L'initiative, menée sous l'égide de l'Agence de l'énergie nucléaire de 2011 à 2018, visait à élaborer une vision commune de la transmission de la mémoire en partageant les idées à l'échelle internationale.

« Nous avons le sentiment qu'il fallait un document qui transmette la mémoire du stockage le plus largement possible. Pour cela, on ne peut pas s'appuyer uniquement sur des archives, il faut aller beaucoup plus loin et concevoir un support qui permette d'entrer assez facilement dans la compréhension du stockage. Nous avons beaucoup échangé sur la nature des informations que nous jugions essentielles », relate Jean-Noël Dumont. Conception du centre, nature et inventaire des déchets qui y sont stockés, dispositifs de sûreté, risques résiduels à long terme, etc., le Key Information File

prévoit aussi une présentation très succincte d'autres sites de stockage en France et dans le monde. « De cette façon, on crée un réseau et ce faisant, on renforce la mémoire. »

Un travail de longue haleine

Trois organismes ont décidé de tester la faisabilité de ce dispositif : SKB en Suède, le DOE aux États-Unis, et l'Andra en France. « Pour le Centre de stockage de la Manche, nous avons déjà élaboré le "dossier de mémoire de synthèse pour les générations futures" en 2008 dont le contenu se rapproche de ce que demande le Key Information File. Mais il s'agissait quand même de passer de 170 pages à 40 ! Nous sommes allés au bout de l'exercice, se réjouit Jean-Noël Dumont. Et nous avons intégré ce Key Information File au Dossier synthétique de mémoire qui est une des pièces du réexamen de sûreté de 2019 du CSM. » Prochaine étape : recueillir les avis et partager ce document avec l'Autorité de sûreté nucléaire. •

DOSSIER SYNTHÉTIQUE DE MÉMOIRE : UN PARCOURS INITIATIQUE

Le Dossier synthétique de mémoire est un dossier réglementaire qui a été adressé à l'Autorité de sûreté nucléaire dans le cadre du réexamen de sûreté du centre en avril 2019. À terme, ce dossier sera diffusé largement autour du centre mais aussi à l'international. Il se compose de trois supports, chacun construit avec des niveaux d'informations différents pour proposer aux lecteurs plusieurs points d'entrée dans l'histoire du centre : une information très synthétique et grand public (l'ultrasynthèse), des informations plus détaillées (le Key Information File) et enfin des informations techniques (sous forme de « fiches repères »).



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 utilisé 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)

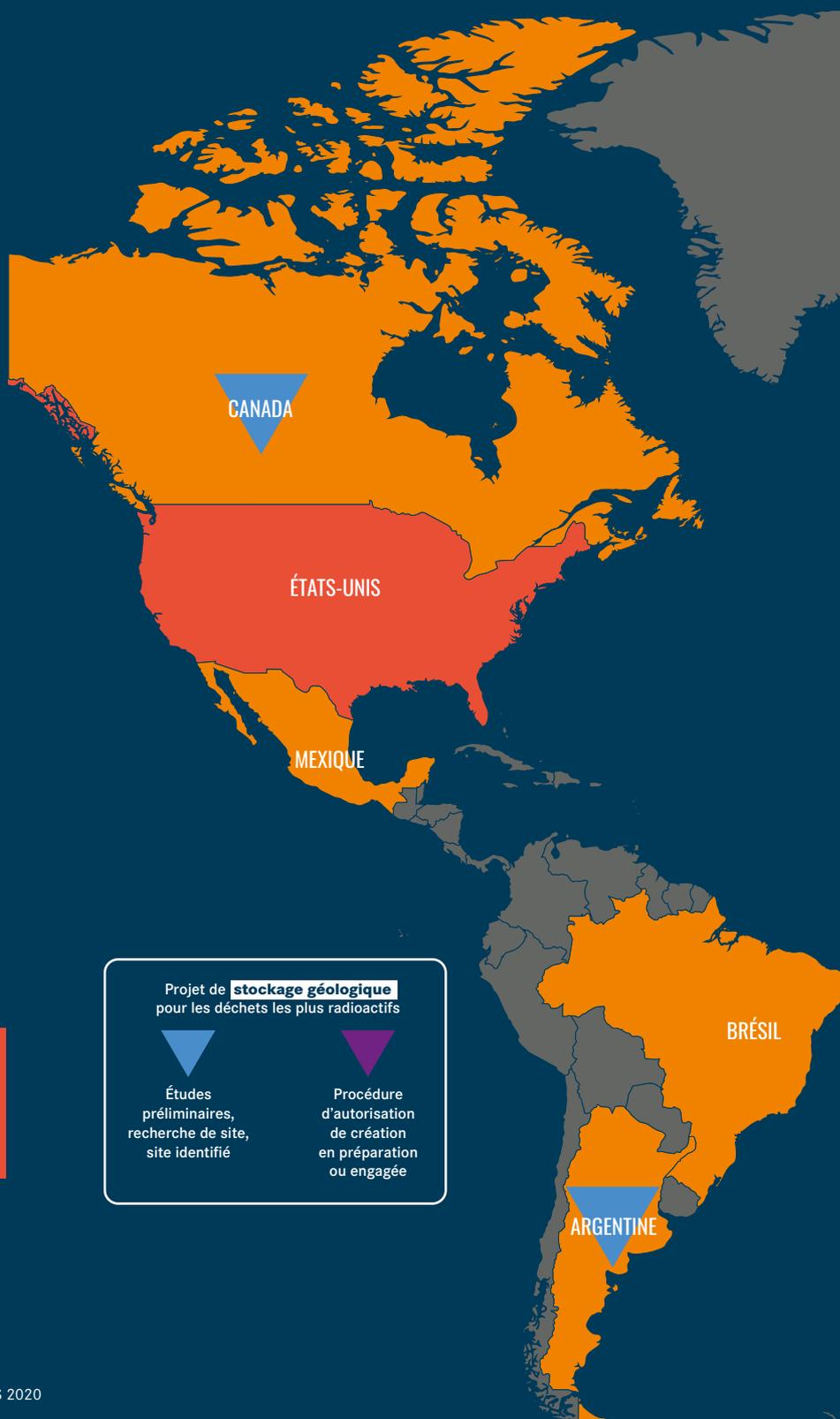


« Les échanges et les transferts de connaissances entre les pays ont permis ces dernières décennies, une prise en charge des déchets radioactifs dans un système global de gestion extrêmement rigoureux. Il nécessite une coopération étroite des agences chargées de la gestion des déchets et des entreprises 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.

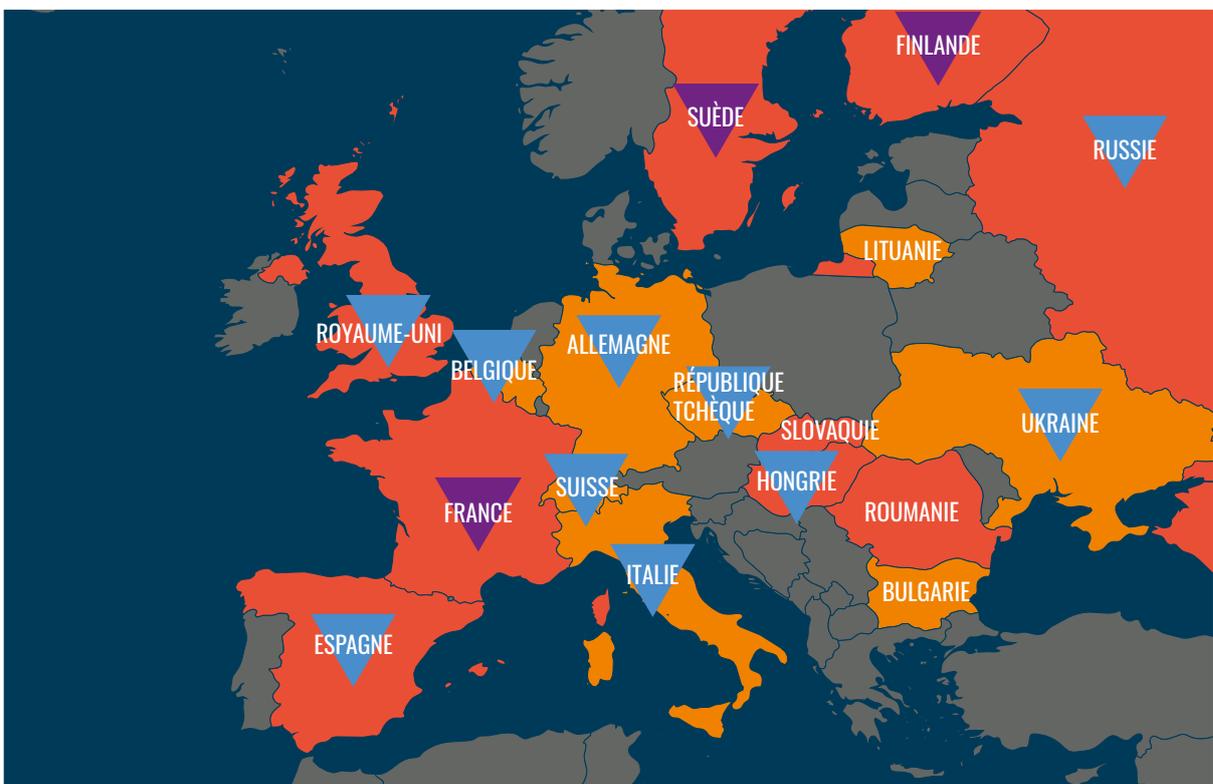


SOLUTION(S) DE GESTION À LONG TERME DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Projet(s)
de stockage

Stockage(s)
en exploitation

Les stockages en exploitation concernent en majorité les déchets de faible et moyenne activité à vie courte et sont principalement en surface



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'entre eux a déjà été arrêté fin 2019.



Maquette d'une alvéole de stockage pour le combustible usé 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.* » •



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 ...



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

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

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.