

HIVER 2023-2024 N° 47

le Journal de l'Andra

— ÉDITION MANCHE

P.10

Inventaire national :
les matières et déchets
radioactifs à la loupe



Sommaire

en bref

P.4 danslesmédias

Une campagne tournée vers l'avenir

P.5 « Déchets radioactifs : quel héritage pour nos descendants ? »

Un mini-site pour tout comprendre



P.5 Exercice de sécurité au Centre de stockage de la Manche

tableau de bord

P.6 Zoom sur le dernier baromètre de l'IRSN

territoire

P.7 Usages des eaux : le CSM mène l'enquête



P.8 Zoom sur les espèces faunistiques et florales qui se développent sur et autour du CSM

dossier



P.10 Dossier

Inventaire national : les matières et déchets radioactifs à la loupe

P.11 Inventaire national des matières et déchets radioactifs : de quoi parle-t-on ?

P.13 La fabrication de l'Inventaire

P.14 La chaîne de l'Inventaire

P.15 Les enseignements de l'Inventaire national 2023

P.16 Focus sur les déchets radioactifs

P.17 Focus sur les matières radioactives

P.18 Des scénarios prospectifs

P.19 Naviguer dans l'Inventaire

portrait

P.20 Franck Duret : de la technique au management, trente ans de défis

l'invité

P.21 Et si on parlait de mémoire ? Entretien avec Monté, de la chaîne Linguisticae

décryptage

P.22 Centre de stockage de la Manche : des déchets sous surveillance

P.23 Le papier permanent, une solution pérenne pour conserver la mémoire ?

reportage

P.24 Le rayonnement gamma au service de la conservation du patrimoine

innovation

P.25 Milor, une torche à plasma pour traiter les déchets radioactifs liquides

entre nous

P.26 #On vous répond Comment étaient gérés les déchets radioactifs avant l'ouverture du CSM ?

P.26 #Ils sont venus nous voir

P.27 Photomystère

LE POINT DE VUE DE CHEREAU

Voyage au centre de l'Inventaire



Mis à jour par l'Andra tous les cinq ans, l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* recense l'intégralité des volumes de matières et déchets radioactifs présents sur le territoire français et estime leurs quantités futures. Comment est-il élaboré ? Comment le consulter ? Que retenir de la dernière édition publiée fin 2023 ? Plus d'infos dans notre dossier en page 10.

2 224

personnes ont visité les installations de surveillance du Centre de stockage de la Manche (soit + 700 personnes, comparé à 2022). Le grand public arrive en tête et représente 55 % des visiteurs, suivi par les groupes scolaires.

Déchets, vous avez dit déchets ?



Fin janvier, des salariés de l'Andra étaient présents à la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, à l'occasion du dispositif « Un ingénieur, un projet ». Organisé en marge de l'exposition « Précieux déchets », il a permis à de nombreux curieux de découvrir les missions de l'Agence et d'en apprendre plus sur la gestion des déchets radioactifs. L'intérêt du public a d'ailleurs conduit l'Andra à revenir sur les lieux, début février, pour la Journée internationale des femmes et des filles de science.

Pour en savoir plus sur l'exposition : <https://vu.fr/HQdH>



Réexamen de sûreté du Centre de stockage de la Manche : projet de décision de l'ASN en consultation publique

En décembre dernier, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a mis en ligne son projet de décision sur la poursuite du fonctionnement du Centre de stockage de la Manche (CSM) au vu des conclusions du réexamen de sûreté périodique. Le public avait du 12 au 27 décembre 2023 pour faire ses observations. Le dossier de réexamen de sûreté du CSM a été remis à l'ASN en avril 2019. Ce document conséquent est établi tous les 10 ans. Il vise à réévaluer

la conformité du Centre et sa sûreté actuelle sur le long terme. En parallèle de cette étape de consultation publique, l'ASN a sollicité l'Andra pour faire ses observations éventuelles, et cela dans un délai maximal de deux mois. L'ASN finalisera ensuite son rapport de conclusion et publiera son avis définitif.

En savoir plus : <https://vu.fr/hSKSA>

dans les médias

Une campagne tournée vers l'avenir

En novembre dernier, l'Andra a lancé une campagne institutionnelle sur Internet et dans le Grand Est, région où sont implantés ses centres de stockage en exploitation (dans l'Aube) ou en projet (Meuse/Haute-Marne). Comme une lettre tournée vers l'avenir, le message s'adresse aux générations futures : « À toi qui n'es pas encore né, l'Andra travaille déjà pour toi. » Avec cette campagne, l'Andra communique sur l'importance de sa mission et sur l'engagement de ses 700 salariés pour assurer la sûreté des installations de stockage de déchets radioactifs pendant des siècles, voire des centaines de milliers d'années selon les déchets, sans nécessité d'action de la part des générations futures. Pour accompagner cette campagne, un site internet (andra.fr/futur) permet d'approfondir la problématique de l'héritage que nous laissons à nos descendants. Enfin, un espace dédié permet à chacun de partager un message aux générations futures.



« Déchets radioactifs : quel héritage pour nos descendants ? » Un mini-site pour tout comprendre

Quels dangers représentent les déchets radioactifs aujourd'hui et demain ? Faut-il agir maintenant ? Quel impact nos choix auront-ils sur les générations qui nous succéderont sur la planète ? L'Andra prend le temps de la réflexion et de la hauteur en publiant sur le Web un format long, interactif et pédagogique pour répondre à ces questions essentielles. L'ensemble est rythmé par des chiffres clés, des animations graphiques, des liens vers des podcasts et des témoignages d'experts. Au fil des paragraphes, l'Agence rappelle l'enjeu éthique de sa mission : ne pas léguer aux générations futures la charge des déchets radioactifs que nous avons contribué à produire.



Exercice de sécurité au Centre de stockage de la Manche

Comme le prévoit la réglementation relative aux installations nucléaires de base, le Centre de stockage de la Manche (CSM) a procédé le 1^{er} décembre dernier à un exercice de mise en œuvre de son plan d'urgence interne (PUI). Ce dernier est activé lorsque survient sur le site un incident nécessitant l'intervention d'équipes de secours extérieures.

Le scénario de l'exercice 2023 était le suivant : les secours devaient porter assistance à une personne tombée d'une échelle dans le bâtiment des bassins, situé en zone radiologique. En raison de la difficulté d'accès et de l'état de gravité de la victime, son extraction a nécessité un véhicule dédié en plus de l'ambulance, ainsi que la présence d'une infirmière.

« L'objectif de ce type d'exercices est de tester en conditions réelles les réflexes des services de secours, des salariés de l'Andra et des prestataires, ainsi que la coordination entre ces différents acteurs », explique Marie-Pierre Germain, responsable Communication du CSM et membre de l'équipe de crise. L'exercice PUI a duré plus d'une heure et a été suivi d'une séance de débriefing avec tous les intervenants, permettant ainsi d'évaluer l'efficacité des différentes interventions et d'identifier les points d'améliorations, comme l'explique Frédéric Duchemin, chef du centre de secours de La Hague : « Nous allons faire établir un adressage des appels du CSM afin d'identifier automatiquement le site. Cela nous permettra d'intervenir encore plus vite. »



Définition

Le plan d'urgence interne (PUI) est un document opérationnel recensant les actions que l'exploitant d'une installation nucléaire doit mettre en œuvre pour faire face aux conséquences d'un accident sur son site.

Zoom sur le dernier baromètre de l'IRSN

Depuis 1990, l'Institut français de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) interroge chaque année les Français sur leur perception des risques et de la sécurité liés aux activités nucléaires. La gestion des déchets radioactifs est bien entendu évoquée. Tour d'horizon de quelques résultats de l'édition 2023*.

46 % des Français

citent les déchets radioactifs comme risque. Ils arrivent en 15^e position des risques invoqués, loin derrière le cancer en premier lieu avec 76 % des réponses, suivi des incendies de forêts (70 %) et de la pollution de l'air (68 %).



8 % des Français

se déclarent disposés à habiter à proximité d'un site de stockage de déchets radioactifs. Les résultats sont du même ordre pour les sites d'ordures ménagères et de stockage de déchets chimiques avec une acceptabilité de 7 %.



68 % des Français

souhaitent une prise de décision et une action rapide en matière de stockage des déchets radioactifs, un score qui évolue peu depuis 2005. Seuls 6 % d'entre eux déclarent vouloir laisser la décision aux générations futures.

41 % des Français

ont entendu parler du projet Cigéo, et 25 % savent de quoi il s'agit. Ces chiffres restent stables depuis 2019.

2 %

Les risques nucléaires sont à la dernière place du classement des préoccupations des Français. Le pouvoir d'achat (36 %), le dérèglement climatique (15 %) et, à égalité, la santé et l'instabilité géopolitique (10 %) arrivent aux premiers rangs.

65 % des Français

estiment que l'Andra est un organisme compétent. L'Andra se situe en 5^e position, derrière le CNRS (75 %), l'ASN (73 %), l'IRSN (72 %) et le CEA (69 %).

33 % des Français

estiment qu'il est possible de stocker les déchets radioactifs de façon sûre. Ce pourcentage atteint son niveau le plus haut depuis 1983.



Usages des eaux : le CSM mène l'enquête

Pour conforter et affiner les hypothèses retenues pour les évaluations d'impact du Centre de stockage de la Manche (CSM), l'Andra a mené une enquête de proximité sur les usages des eaux.

Dans le cadre de son plan de surveillance de l'environnement, le CSM réalise régulièrement, sur et autour du site, des prélèvements et des analyses d'air, de végétaux et d'eaux de surface et souterraines. Cette surveillance est complétée par des modélisations mathématiques visant à évaluer l'impact du centre sur l'Homme. « Ces calculs s'appuient sur des hypothèses d'habitudes de vie et de consommation d'un groupe de référence théorique localisé à proximité des installations, indique Julien Recarte, directeur du site. L'objectif étant bien sûr que ces hypothèses se rapprochent le plus possible de la réalité en intégrant toutefois des marges de sûreté. Ces calculs sont effectués tous les ans et leur méthodologie est intégrée dans le rapport de sûreté, réévalué tous les 10 ans. »

Comparer les hypothèses à la réalité du terrain

C'est justement dans le cadre de la dernière mise à jour du rapport de sûreté et de l'étude d'impact associée que l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a demandé en 2020 à l'Andra de réévaluer ses hypothèses afin de démontrer leur pertinence. L'utilisation des eaux de surface et souterraines (captage d'eau potable, arrosage d'un jardin, irrigation agricole, etc.) étant l'un des vecteurs potentiels de transfert des radionucléides vers le groupe de référence théorique, l'Andra a décidé de mener une enquête dans les communes proches du CSM pour préciser les usages et pratiques des habitants.

Analyse en cours

Ainsi, début septembre 2023, 400 foyers, situés dans les communes d'Omonville-la-Rogue,

de Digulleville et d'Omonville-la-Petite, ont reçu un questionnaire de l'Andra les invitant à lister les puits, forages, sources, fontaines et autres installations présentes sur leur propriété, ainsi que l'utilisation qu'ils en faisaient. « Ces questionnaires ont été élaborés en concertation avec des experts en modélisation de l'Andra, précise Julien Recarte. Ils tiennent compte également des renseignements que nous avons pu collecter auprès de différentes instances publiques : le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), l'Agence régionale de santé (ARS), la Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM), etc. » Les derniers retours ont été reçus en novembre 2023. « Nous sommes en train de les analyser, annonce Julien Recarte. Ce travail permettra, in fine, de comparer nos hypothèses à la réalité du terrain et de répondre ainsi aux questions de l'ASN. » ●



* Réalisée sur Internet par la société Harris Interactive. Au total, un échantillon représentatif de 2 014 personnes âgées de 18 ans et plus a répondu au questionnaire. L'intégralité du baromètre est consultable sur barometre.irsn.fr.

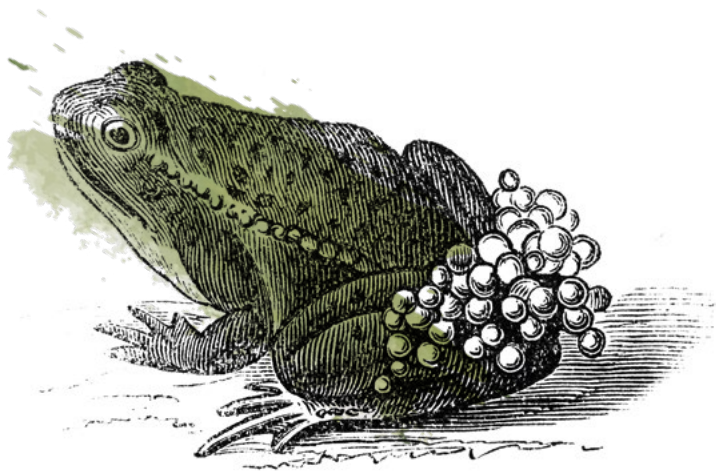


Zoom sur les espèces faunistiques et florales qui se développent sur et autour du CSM

Le CSM fait réaliser un inventaire faunistique et floristique tous les 5 ans afin d'évaluer l'impact du centre sur l'environnement.
Focus sur quelques animaux et la découverte en avant-première de quelques-unes des 252 espèces florales recensées par l'édition 2023 de l'herbier, qui sera bientôt publiée, et qui poussent sur la couverture du centre.

ALYTE, OU CRAPAUD ACCOUCHEUR

Du nom latin *Alytes obstetricans*.
Espèce d'amphibiens de la famille des alytidae. Il est surnommé ainsi en raison du comportement du mâle qui entortille les œufs produits par la femelle autour de ses pattes arrière pendant la ponte. Il les gardera jusqu'à l'éclosion, en les humidifiant régulièrement dans un plan d'eau. L'espèce habite dans les zones humides, où il peut s'enfouir dans des terres meubles, près des points d'eau et dans des étendues dégagées. Le chant, composé d'une suite de notes flûtées, est caractéristique de l'espèce.



MÉSANGE NONNETTE

Du nom latin *Poecile palustris*.
Espèce de passereaux de la famille des paridés. En hiver, elle se nourrit principalement de faines, de baies, de graines d'ortie, de bardane ou de chardon. Cette espèce fréquente surtout les forêts de feuillus suffisamment étendues, en particulier en présence de chêne ou de hêtre. On peut aussi la retrouver dans des forêts mixtes, des terres agricoles, des vergers, et occasionnellement des parcs ou des jardins.

LAÏCHE À ÉPIS SÉPARÉS

Du nom latin *Carex divulsa*.
Espèce assez rare à rare. Cette laïche tient son nom de l'espace assez grand qui sépare ses épis, notamment les deux plus bas sur la tige. Son inflorescence est très longue et occupe une très grande proportion de la tige. Plante qui pousse dans les pelouses plus ou moins humides, avec une faculté à supporter les zones salées littorales, et qui fleurit de mai à juin.



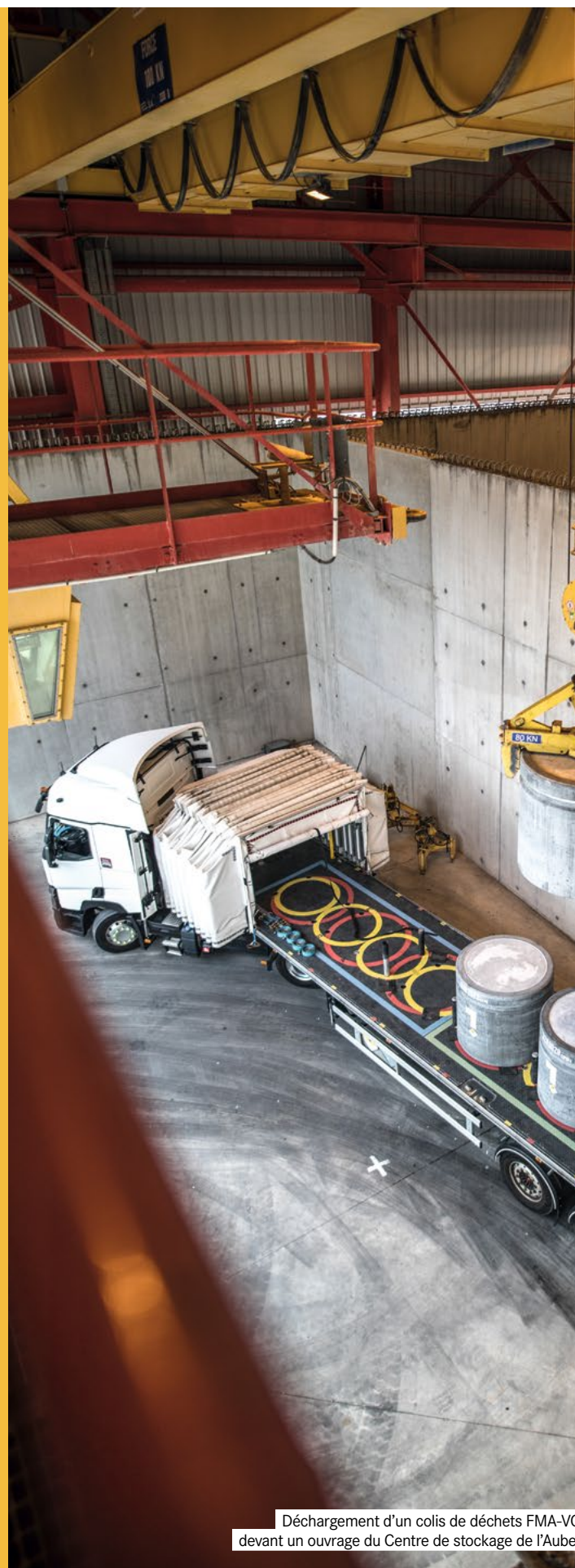
RENOUÉE DU JAPON

Du nom latin *Reynoutria japonica*.
Espèce invasive originaire d'Asie du Sud-Est. Elle se rencontre fréquemment dans les milieux perturbés, les remblais ou les bords des cours d'eau. Sa présence sur la couverture du CSM est fort probablement liée à l'apport de terres pour couvrir le centre. Sa propagation est essentiellement végétative par fractionnement de son rhizome et de ses tiges. Les mesures de gestion appliquées au CSM sont les suivantes :
- Avant toute tonte, l'ensemble des tiges de toutes les stations doivent être coupées au ras du sol.
- Les tiges coupées sont envoyées vers un centre d'incinération.
- Les pieds isolés peuvent faire l'objet d'une tentative d'arrachage complet en veillant à ne laisser aucun fragment de racine au sol.

Inventaire national : les matières et déchets radioactifs à la loupe

Combien y a-t-il de matières et de déchets radioactifs sur le sol français ? Où sont-ils ? D'où proviennent-ils ? Comment sont-ils gérés ? Combien seront-ils demain ? Pour répondre à ces questions, l'Andra publie un document de référence, *l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs*.

Mis à la disposition de tous sur un site internet dédié (inventaire.andra.fr) et à travers différents documents, *l'Inventaire national* met à jour de manière exhaustive les volumes de matières et déchets radioactifs, de toute nature et de toute provenance, entreposés ou stockés en France. Il présente aussi tous les 5 ans, en s'appuyant sur différents scénarios de politique énergétique, des estimations des quantités futures. C'est fin 2023 que la dernière édition a été publiée.



Déchargement d'un colis de déchets FMA-VC devant un ouvrage du Centre de stockage de l'Aube.

Inventaire national des matières et déchets radioactifs : de quoi parle-t-on ?

À la fois publication de référence sur les matières et déchets radioactifs et outil de pilotage de la politique française pour leur gestion, *l'Inventaire national* est une des missions de service public de l'Andra.

Le code de l'environnement demande à l'Andra « d'établir, de mettre à jour tous les 5 ans et de publier l'inventaire des matières et déchets radioactifs présents en France ou destinés à y être stockés ainsi que leur localisation sur le territoire national ». Il demande aussi aux responsables d'activités nucléaires de transmettre chaque année à l'Andra l'inventaire complet des matières et déchets radioactifs présents sur leur(s) installation(s). Sur la base de ces déclarations, l'Andra établit un bilan annuel des stocks, et tous les 5 ans, elle complète ce bilan par des prévisions établies pour différents scénarios prospectifs, fondés notamment sur les orientations de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) en vigueur et du plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR). « Avec ces scénarios prospectifs, *l'Inventaire* apporte une vision complète sur l'ensemble du cycle électronucléaire, de la fabrication du combustible nucléaire à son retraitement, et ce que cela peut impliquer pour l'entreposage et le stockage de matières et déchets radioactifs, indique Philippe Loreaux, responsable de *l'Inventaire national* à l'Andra. Cette vision éclaire la politique énergétique et nourrit la réflexion dans le cadre du PNGMDR, qui émet à son tour des recommandations. C'est un processus itératif dans lequel les allers-retours entre la programmation pluriannuelle de l'énergie, les travaux de *l'Inventaire* et ceux du PNGMDR s'alimentent et s'éclairent mutuellement. »

ainsi qu'un inventaire géographique qui présente dans chaque région, installation par installation, les déclarations de producteurs et détenteurs décrivant les matières et déchets présents.

Sur le site de *l'Inventaire*, on trouve également des dossiers thématiques et des explications détaillées sur ce que sont les matières et les déchets radioactifs, leurs provenances, leurs modes de gestion... Enfin, certains de ces documents (rapport de synthèse, *Les Essentiels*, catalogue des matières) sont aussi disponibles au format papier.



Un ensemble documentaire

Lorsqu'on évoque *l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs*, il est fait référence à différentes informations : l'état des lieux annuel (*Les Essentiels* – voir encadré ci-contre), l'exercice prospectif élaboré tous les 5 ans à retrouver dans le rapport de synthèse, ou encore le site internet sur lequel sont rassemblées toutes ces informations : inventaire.andra.fr. Un catalogue des matières radioactives et un catalogue des familles de déchets radioactifs sont également consultables,



LE SAVIEZ-VOUS ?

Aux côtés de l'édition complète de *l'Inventaire*, mise à jour tous les 5 ans, l'Andra publie chaque année une mise à jour annuelle des stocks de matières et déchets radioactifs produits en France dans *Les Essentiels* de *l'Inventaire national*, dont l'édition 2024 est déjà disponible en ligne.

Une interface dynamique

Utile à la décision publique, l'*Inventaire national* est aussi un outil d'information du public, qui présente les données de façon neutre et totalement transparente. « *Notre volonté est de mettre en valeur l'information et de la rendre accessible au plus grand nombre* », souligne Philippe Loreaux. Le site de l'*Inventaire* propose ainsi un outil cartographique qui permet de localiser précisément les sites qui produisent des déchets radioactifs et de s'informer sur la nature et le volume de ces matières et déchets. Ainsi, chacun peut connaître, dans le détail et de manière exhaustive, la présence et l'origine des matières et déchets radioactifs sur l'ensemble du territoire, quel que soit leur état physique ou chimique, conditionnés ou non, liquides ou solides, et leur niveau de radioactivité. Tous ne proviennent d'ailleurs pas de la filière électronucléaire : le secteur médical, la recherche, l'industrie ou encore la défense peuvent également utiliser les propriétés de la radioactivité dans le cadre de leur activité. L'*Inventaire* présente la photographie à un instant donné des matières et déchets radioactifs présents sur notre territoire et offre la possibilité d'en suivre l'évolution au fil du temps.

LES CENTRES DE STOCKAGE DE L'ANDRA

L'Andra exploite trois centres de stockage : le Centre de stockage de la Manche (CSM), qui est en phase de fermeture, le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) destiné aux déchets de très faible activité (TFA), et le Centre de stockage de l'Aube (CSA) pour les déchets de faible à moyenne activité principalement à vie courte (FMA-VC). Les déchets pour lesquels les solutions de stockage sont encore à l'étude et ou en projet (projet FA-VL ou Cigéo) sont entreposés provisoirement sur leurs sites de production ou dans des installations centralisées.

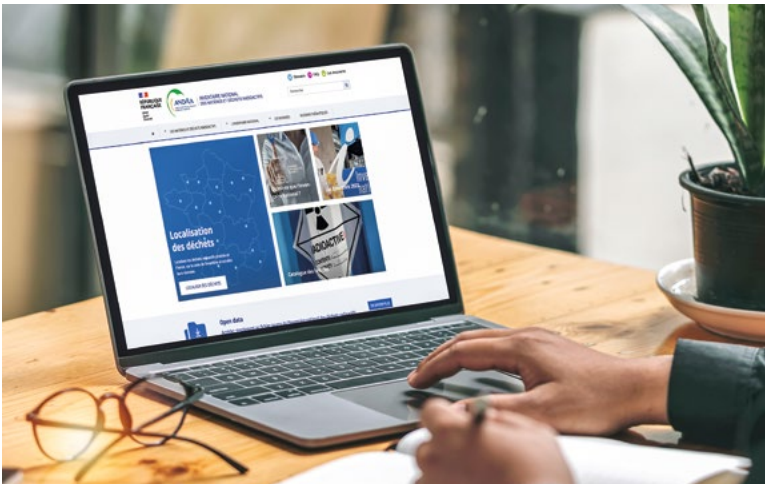


Stockage de colis de faible et moyenne activité, principalement à vie courte au Centre de stockage de l'Aube.

QUELQUES DÉFINITIONS...

Une matière radioactive est, selon le code de l'environnement, une « *substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée* ». Ainsi, les combustibles usés sont considérés comme des matières puisqu'ils sont susceptibles d'être recyclés. Les déchets radioactifs, quant à eux, sont des « *substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée* ».

L'entreposage désigne un mode de gestion provisoire, tandis que le stockage désigne un mode de gestion définitif des déchets radioactifs.



Colis en attente dans le bâtiment de regroupement du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage.

La fabrication de l'*Inventaire*

L'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* est le fruit d'un long travail réalisé par l'Andra. Comment est-il élaboré ?

L'*Inventaire national* est une mission de service public inscrite dans la loi de programme relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs du 28 juin 2006. Si les premières éditions remontent à 1991, au travers de ce qui s'appelait « l'Observatoire des déchets radioactifs », la forme que nous lui connaissons aujourd'hui a été publiée pour la première fois en 2004. La loi de 2006 est venue préciser le cadre de sa réalisation et sa périodicité. Cette dernière était initialement de trois ans et a été portée à cinq ans en 2020, suite au dernier débat public portant sur le PNGMDR.

Déclaration et vérification

Pour réaliser l'*Inventaire*, l'Andra s'appuie sur un système de déclaration : chaque année, entre janvier et fin juin, environ un millier de producteurs de déchets nucléaires et de détenteurs de matières radioactives font leur télédéclaration en ligne, via une interface développée par l'Andra. Il s'agit principalement des producteurs électronucléaires, mais aussi de centres de recherches, d'installations médicales, du secteur de la défense, ou encore d'industries

dont les activités utilisent des substances radioactives : industries minières, contrôles de soudures ou détection de fuites ou d'incendie, conservation de produits alimentaires... Leurs déclarations sont recueillies et analysées, leur cohérence avec les déclarations antérieures est vérifiée. Les données sont ensuite classées par familles de déchets et par catégories de matières, et la cohérence de ces ensembles est à nouveau vérifiée. Des sources externes – bilans annuels des producteurs, rapports de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)... – servent à croiser les informations, à comprendre les évolutions, à vérifier la fiabilité des données. « *En cas de doute, on se rapproche du producteur de la donnée pour lui demander des explications* », souligne Philippe Loreaux, responsable de l'*Inventaire national* à l'Andra. Comme pour les impôts, les déclarations portent sur l'année N-1. « *Elles sont réalisées par les producteurs et analysées par l'équipe Inventaire national l'année N. Ensuite, l'année N+1, le livrable associé est élaboré* », complète Philippe Loreaux. L'*Inventaire 2023* présente donc les données à fin 2021.

Pilotage, transmission et communication

Un comité de pilotage mis en place par l'Andra veille au bon déroulement de toutes ces étapes : il rassemble des représentants de l'État, des instances de contrôle comme l'ASN et la Commission nationale d'évaluation (CNE2), mais aussi des producteurs de déchets radioactifs et la société civile, avec des membres d'associations et de Commissions locales d'information (CLI). Une fois que tout a été validé, les données sont mises à la disposition du public sur le site de l'*Inventaire*, mais aussi sur la plateforme ouverte des données publiques françaises : data.gouv.fr. Elles sont publiées sous forme de synthèse chaque année dans *Les Essentiels* et tous les 5 ans dans le rapport de synthèse, et accompagnées d'une vidéo explicative (également consultable sur la chaîne YouTube de l'Andra). Enfin, elles alimentent le système d'information sur le combustible usé et les déchets radioactifs (SRIS) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).



Contrôle radiologique d'un camion à l'arrivée sur le Centre de stockage de l'Aube.

La chaîne de l'Inventaire

En amont, des détenteurs de matières et des producteurs de déchets radioactifs qui fournissent des données. Au centre, l'Andra, qui traite ces données et réalise l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs*. En aval, des utilisateurs de ces informations. À travers les témoignages du CEA, de l'Andra et de l'ANCCLI, zoom sur l'*Inventaire national* par ceux qui l'alimentent, le construisent et l'utilisent.

Magdalena Galandrin,
ingénieure coordinatrice centre déchets,
flux et inventaires au CEA

« La contribution annuelle du CEA à l'*Inventaire national* mobilise plus d'une centaine de salariés pendant plusieurs mois. Dans tous les centres d'études civils du CEA, chaque déclarant interroge les installations de son site. Il récupère les données, les vérifie et les saisit dans l'*Inventaire* après les avoir converties au format demandé, dont les volumes en m³ équivalent conditionné*. Mon travail consiste à télédéclarer les données pour le centre de Cadarache et à vérifier l'ensemble des télédéclarations des centres CEA civils. J'échange ensuite avec l'Andra quand celle-ci vérifie à son tour la cohérence des données et nous interroge éventuellement sur l'évolution du stock d'une famille de déchets radioactifs. Au-delà du chiffre final du volume de déchets, l'*Inventaire national*, au travers de ses différents livrables, donne à voir tout le processus : d'où vient ce déchet, où il est entreposé, où il va être stocké. »

* Volume que le déchet occupera en stockage.

Philippe Loreaux,
responsable de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* à l'Andra

« Avant de valider une information, l'Andra vérifie sa cohérence. En cas de doute, nous nous rapprochons systématiquement du producteur de la donnée pour lui demander des explications. »

Voir page 13, « La fabrication de l'*Inventaire* ».

Coralie Pineau,
directrice technique de l'Association nationale
des comités et Commissions locales d'information
(ANCCLI)

« L'ANCCLI est membre du comité de pilotage de l'*Inventaire national*. Elle a ainsi organisé, le 2 février 2024, un webinaire de présentation de l'*Inventaire national* à destination des membres des Cli**. Nous travaillons également à la réalisation d'une fiche sur les matières et déchets radioactifs, pour laquelle nous nous appuyons sur le fichier source de l'*Inventaire national* publié en Open data par l'Andra. Cet accès aux données est particulièrement appréciable. Cette démarche de transparence est exemplaire. Le partage de données fiables permet d'objectiver les discours des uns et des autres. L'*Inventaire* offre un niveau de détails impressionnant et le suivi dans le temps des matières et des déchets entreposés sur tout notre territoire. C'est un gage de transparence important et nécessaire pour les citoyens. »

** Commissions locales d'information.



Philippe Loreaux, responsable de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* à l'Andra

Les enseignements de l'*Inventaire national* 2023

Que retenir de l'*Inventaire national* ?
Le décryptage de Philippe Loreaux,
responsable de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs* à l'Andra.

« Ce que montre cette nouvelle édition de l'*Inventaire national*, c'est qu'aujourd'hui comme demain la filière de gestion des déchets est résiliente et en capacité de s'adapter à différents choix de politique énergétique : développement d'EPR ou de réacteurs à neutrons rapides, prolongement de la durée de vie des centrales, ou au contraire arrêt d'installations... Quelle que soit l'orientation retenue, nos scénarios prospectifs montrent que nous sommes en mesure d'y répondre et nous donnent les moyens d'anticiper les mesures et décisions à prendre, pour ne pas avoir à gérer dans l'urgence », résume Philippe Loreaux.



Déchets radioactifs en attente d'expédition.

CE QUI NE CHANGE PAS

« Cette nouvelle édition présente une situation sans surprise, qui correspond à ce qui était anticipé : les évolutions des stocks de matières radioactives reflètent avant tout une année de fonctionnement du parc électronucléaire ; les volumes de déchets cumulés sur le territoire représentaient, fin 2021, 1 760 000 m³, avec une augmentation constante conforme aux prévisions », relève Philippe Loreaux.

Au 31 décembre 2021, plus de 90 % de ce volume est constitué par les déchets les moins radioactifs (TFA* et FMA-VC**), pour lesquels l'Andra dispose d'une solution de stockage. À l'autre bout du spectre, les déchets de haute activité (HA), qui ne représentent que 0,2 % du stock, concentrent cependant 97 % de la radioactivité totale de l'ensemble des déchets présents sur notre sol. La majorité des déchets radioactifs proviennent de l'industrie électronucléaire et des activités de recherche associées. Là encore, la situation est comparable à celle des éditions précédentes.



Bâtiment logistique du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage.

CE QUI CHANGE

Nouveauté de cette édition : elle s'accompagne de la publication, en ligne et en version papier, d'un catalogue descriptif des matières radioactives qui vient s'ajouter au catalogue des familles de déchets. Comme pour ces derniers, les matières sont accompagnées de leurs localisations, de leurs détenteurs, de leurs quantités, de leurs évolutions ainsi que des prévisions en 2030 et 2040. Avec cette nouvelle édition, l'*Inventaire* présente pour la première fois une carte des entreposages et des stockages de matières et déchets radioactifs.

Quant aux scénarios prospectifs, ils ont évolué pour prendre en compte les orientations de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE2) 2019-2028 adoptée en avril 2020 et le plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) 2022-2026. Afin d'apporter un éclairage complet sur les enjeux des filières de gestion des déchets radioactifs, l'*Inventaire national* intègre également un volet « Perspectives ». Cette partie présente les résultats d'études réalisées par l'Andra sur le volume des déchets radioactifs générés par le potentiel déploiement de six nouveaux réacteurs EPR2 ou le prolongement de l'exploitation de réacteurs existants (voir page 18).

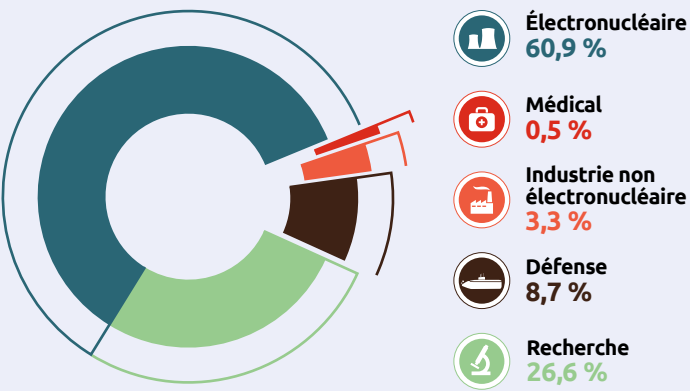
* Très faible activité.

** Faible et moyenne activité à vie courte.

Focus sur les déchets radioactifs

Quel est le volume de déchets radioactifs recensé en France ? Quelle est son évolution au cours des dernières années ? Place aux chiffres...

Répartition des déchets radioactifs par secteur économique à fin 2021



Les pourcentages sont calculés sur la base des chiffres exacts puis arrondis.

Le territoire français comptait 1 760 000 m³ de déchets radioactifs à fin 2021. « Ce chiffre représente les déchets produits depuis le début des usages de la radioactivité et en particulier de la production d'énergie d'origine nucléaire en France, indique Antoine Blondel, ingénieur Inventaire national. La production de déchets radioactifs est relativement constante. Elle reflète essentiellement l'activité de l'industrie électro-nucléaire et de la recherche, qui est globalement la même qu'il y a cinq ans. »

Quid de l'avenir ? « Nous avons évalué l'impact de quatre scénarios prospectifs (voir page 18) issus de la programmation pluriannuelle de l'énergie en vigueur (PPE2 2019-2028) sur la production de déchets radioactifs. Nous avons en outre regardé ce qu'impliquait la décision du gouvernement d'engager la construction de six nouveaux EPR. Nous n'avons pour l'instant pas

de données sur les SMR, les petits réacteurs modulaires soutenus par les appels à projets de France 2030, mais nous sommes en lien avec les porteurs de projets pour les aider à mettre en place la caractérisation de leurs futurs déchets, annonce Antoine Blondel. Notre rôle est d'améliorer la connaissance. »

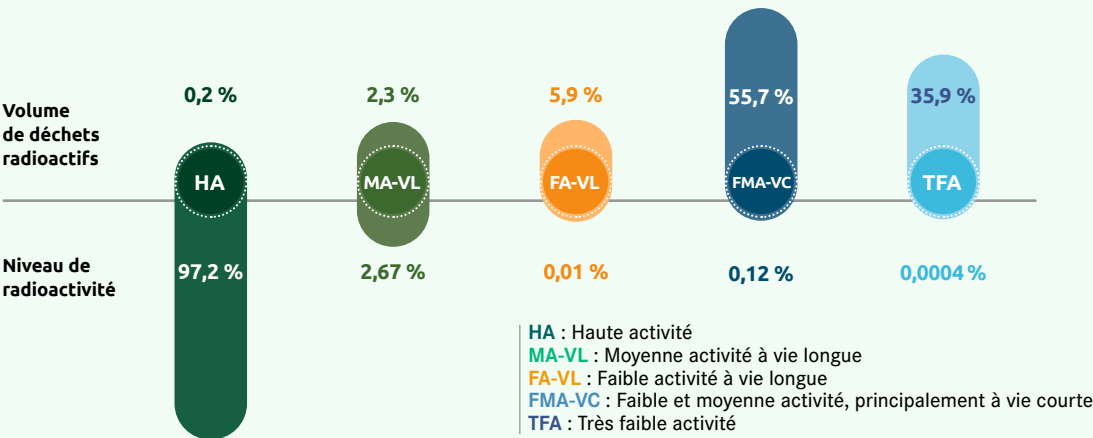
S'il se veut rassurant : « Aujourd'hui, 90 % des déchets radioactifs ont une solution de stockage », Antoine Blondel ne minimise pas les défis à relever : « Nous avons la capacité de stocker la totalité des volumes de déchets à vie courte produits aujourd'hui, mais nous savons que d'ici à la fin de la décennie, nous devons augmenter nos capacités de stockage. Nous y travaillons déjà avec par exemple le projet Acaci, une extension de la capacité de stockage pour les déchets TFA pour laquelle nous avons déposé une demande d'autorisation. Nous avons aussi, outre Cigéo pour le stockage des déchets les plus radioactifs, des études pour le stockage des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL), qui sont aujourd'hui entreposés chez les producteurs. L'inventaire nous permet de vérifier que nous anticipons bien la gestion de la production future de déchets, quelles que soient les politiques énergétiques. »

1 760 000 m³
de déchets cumulés sur l'ensemble
du territoire fin 2021.

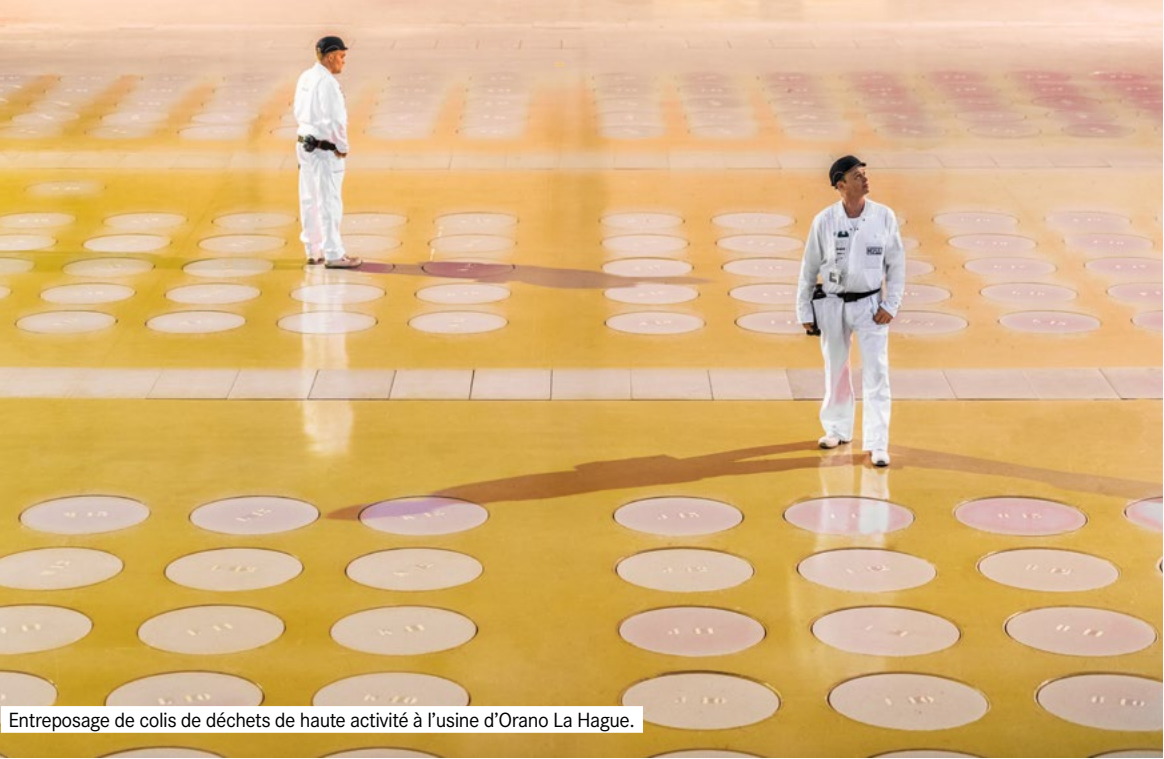
75 %
sont déjà stockés sur les sites de l'Andra.

60 000 m³
de déchets produits entre 2020 et 2021.

Répartition du volume et du niveau de radioactivité des stocks de déchets à fin 2021



Données mises à jour à chaque nouvelle édition de l'Inventaire national.



Entreposage de colis de déchets de haute activité à l'usine d'Orano La Hague.

Focus sur les matières radioactives

Le catalogue descriptif des matières 2023 recense 25 catégories de matières radioactives. Matériaux naturels ou combustibles nucléaires, l'état de leur stock et leur localisation précise sont suivis de près*.

Selon le code de l'environnement, une matière radioactive est destinée à être utilisée ou réutilisée, par exemple pour fabriquer du combustible nucléaire. Dans l'attente de leur valorisation, combustibles nucléaires neufs ou usés, uranium, plutonium, thorium..., sont entreposés dans des installations adaptées. Outre les matières détenues par les acteurs de la filière nucléaire (électronucléaire, Défense nationale, recherche) et par certains industriels (chimie, extraction...), l'Andra inventorie également les matières étrangères présentes sur le territoire français et destinées à être renvoyées dans les pays propriétaires d'origine : elles sont essentiellement issues du recyclage des combustibles

usés envoyés pour retraitement à l'usine Orano de La Hague.

Un inventaire pour préparer l'avenir

« Le code de l'environnement nous demande d'inventorier les matières radioactives et le PNGMDR nous demande de recenser dans l'inventaire les capacités d'entreposage des producteurs, indique Antoine Feldman, ingénieur calculs radiologiques et connaissances colis à l'Andra. Mais au-delà de ces obligations réglementaires, l'examen des matières radioactives et des évolutions des technologies de retraitement (comme la possibilité de valoriser une matière en combustible) nous sert à vérifier la cohérence des déclarations de producteurs de déchets, à apprécier le dimensionnement des capacités d'entreposage des producteurs et à anticiper leur évolution. Il sert aussi à évaluer les capacités de stockage de l'Andra au cas où certaines matières viendraient à être requalifiées en déchets, quand, par exemple, il n'existe pas de solutions de valorisation ou de recyclage à un horizon supérieur à trente ans. Le PNGMDR nous a ainsi demandé d'évaluer l'impact sur le stockage si l'uranium de

retraitement, l'uranium appauvri et les matières thorifères venaient à être requalifiés en déchets. »

Le catalogue descriptif des matières 2023 de l'Inventaire national indique donc les tendances des dernières années et les prévisions à fin 2030 et fin 2040 pour chacune des 25 matières répertoriées.

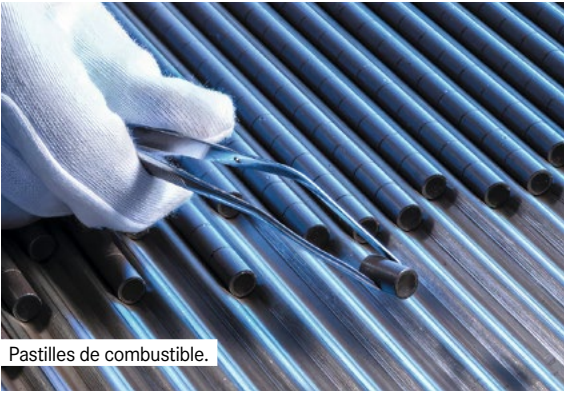
* L'unité utilisée pour présenter les quantités de matières radioactives est la tonne de métal lourd (tML), sauf pour le combustible de la Défense nationale qui est exprimé en tonne d'assemblages (t).

Répartition de la masse totale de matières radioactives par secteur économique

Secteur économique	Quantité à fin 2021 (en tML)
Électronucléaire	421 000
Recherche	218
Défense	202 tonnes
Industrie non électronucléaire	6 340
Médical	-



Découvrir le catalogue des matières 2023 : <https://vu.fr/cTIsx>



Pastilles de combustible.

Des scénarios prospectifs

Pour éclairer la politique publique, l'Inventaire national présente tous les 5 ans des inventaires prévisionnels détaillés des matières et déchets selon quatre scénarios prospectifs.

Ces scénarios sont issus de la programmation pluriannuelle de l'énergie en vigueur (PPE2 2019-2028) et sont également ceux repris dans le PNGMDR. L'objectif fixé par cette PPE est celui d'une diminution de la production nucléaire pour qu'elle ne représente en 2035 que 50 % du mix énergétique.

Les quatre scénarios de l'Inventaire 2023 sont les suivants, à partir de 2040 :

- S1 : Un renouvellement du parc électronucléaire avec des EPR puis, à partir de 2090, des réacteurs à neutrons rapides (multirecyclage de tous les combustibles usés).
- S2 : Un renouvellement du parc uniquement par des EPR (avec un retraitement des combustibles usés par monorecyclage).
- S3 : Un renouvellement du parc uniquement par des EPR mais avec un arrêt du retraitement.
- S4 : Un non-renouvellement du parc, aucun retraitement.

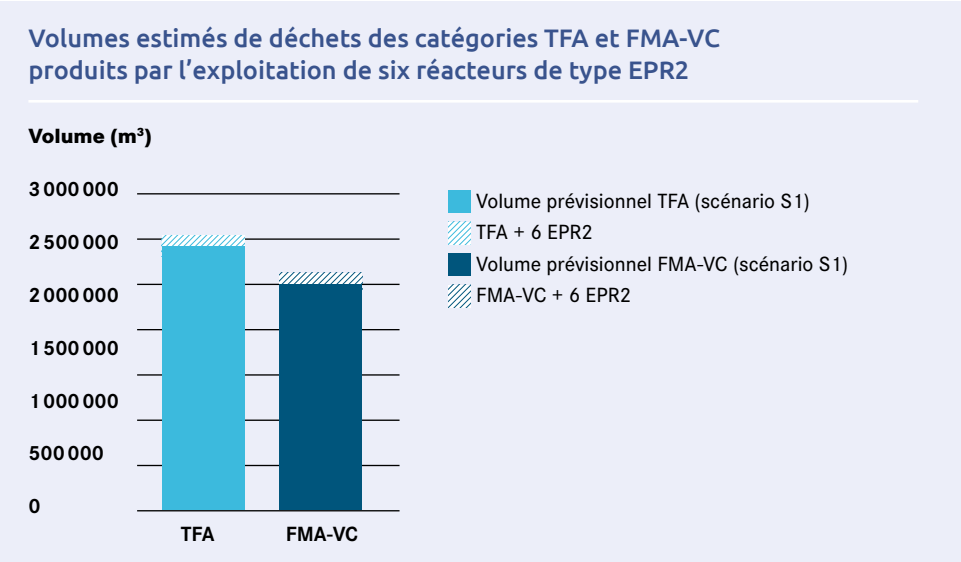
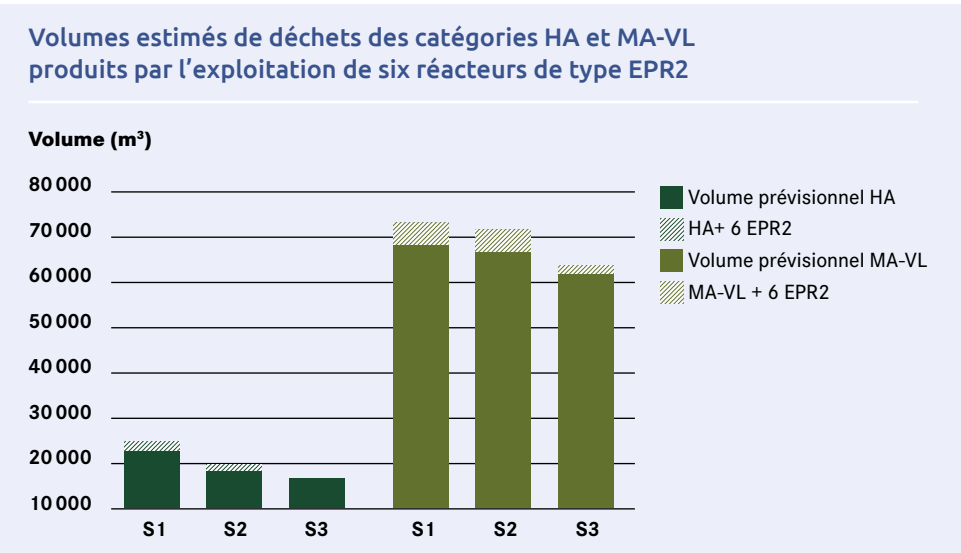
La stratégie de retraitement conditionne les volumes de déchets radioactifs. Alors que le multirecyclage valorise toutes les matières radioactives, le monorecyclage – actuellement mis en œuvre en France – ne permet le retraitement que des combustibles usés à base d'uranium naturel (UNE). Enfin, l'arrêt de retraitement impliquerait de requalifier en déchets l'ensemble des combustibles usés, ainsi que l'uranium appauvri. « Quel que soit le scénario, l'Andra doit être en mesure de s'y adapter », insiste Philippe Loreaux, responsable de l'Inventaire national à l'Andra. Ainsi un « Inventaire de réserve », aux côtés d'un « Inventaire de référence », a été élaboré pour s'assurer que Cigéo a la capacité de stocker l'ensemble des déchets à vie longue en cas d'arrêt total du retraitement.

En sus des quatre scénarios issus de la PPE, l'Inventaire 2023 examine également l'impact sur les filières de stockage du déploiement de six nouveaux réacteurs EPR2, à la demande du gouvernement (voir graphique ci-dessous). L'Inventaire examine aussi les volumes de déchets supplémentaires que représenterait un allongement de la durée de vie de réacteur du parc actuel jusqu'à soixante ans.

Pour en savoir plus sur ces scénarios : <https://vu.fr/BaFTd>



Colis en attente dans le bâtiment de regroupement du Cires.



Naviguer dans l'Inventaire

Y a-t-il des déchets radioactifs à côté de chez moi ? De quelle nature et de quelle origine ? Comment sont-ils gérés ? Autant de questions dont les réponses sont à portée de clic sur le site web de l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs.

Lancer ma recherche : <https://inventaire.andra.fr/inventaire>

Localisation des déchets

Catégorie	Volume déclaré (en m³ équivalent conditionné)	Activité déclarée (en MBq)
HA	3748	3,19 10 ¹⁰
MA-VL	19023	1,45 10 ¹¹
FA-VL	4198	9,45 10 ¹⁰
FMA-VC	55309	1,53 10 ¹¹
TFA	8829	7,96 10 ¹⁰
VTG	8,416	-
AUTRES	12,29	-

Sur le site de l'Inventaire national des matières et déchets radioactifs, je clique sur « Localiser des déchets », puis je sélectionne ma région, la Normandie, et mon département, la Manche.

Tableau des déchets radioactifs de la Défense (F3-6-04) :

Année	Volume déclaré (m³)	Activité déclarée (MBq)	Nature des déchets	Volume déclaré (m³)	Activité déclarée (MBq)
2013	92	-	Compartiment "Niveau-échangeur"	92	-
2014	7,875	1,88 10 ¹⁰	Compartiment "Niveau-échangeur"	7,875	1,88 10 ¹⁰
2015	92	-	Compartiment "Niveau-échangeur"	92	-
2016	7,875	5,85 10 ¹⁰	Compartiment "Niveau-échangeur"	7,875	5,85 10 ¹⁰
2017	92	-	Compartiment "Niveau-échangeur"	92	-
2018	7,875	1,19 10 ¹⁰	Compartiment "Niveau-échangeur"	7,875	1,19 10 ¹⁰
2019	92	-	Compartiment "Niveau-échangeur"	92	-
2020	7,875	8,85 10 ¹⁰	Compartiment "Niveau-échangeur"	7,875	8,85 10 ¹⁰
2021	92	-	Compartiment "Niveau-échangeur"	92	-
2022	7,875	2,86 10 ¹⁰	Compartiment "Niveau-échangeur"	7,875	2,86 10 ¹⁰
2023	92	-	Compartiment "Niveau-échangeur"	92	-
2024	7,875	1,26 10 ¹⁰	Compartiment "Niveau-échangeur"	7,875	1,26 10 ¹⁰

En zoomant sur Cherbourg, je peux localiser plusieurs producteurs de déchets, tels qu'un service de médecine nucléaire à la polyclinique du Cotentin à Equeurdreville-Hainneville et sept installations regroupées en centre-ville. Parmi celles-ci, des laboratoires d'analyses radiologiques de la Marine nationale et de l'Institut de radioprotection et sûreté nucléaire (IRSIN), et l'ETAC SNLE, un site de la Défense où sont entreposés des réacteurs démantelés de sous-marins nucléaires. En cliquant sur son nom, j'accède à toutes les informations.

Colis de déchets solides - Caissons métalliques (Défense)

Des déchets de la Défense

Les déchets sont des matériaux métalliques ou en plastique, des éléments de structure, tuyauteries, filtres, gravats.

Ils proviennent des opérations d'exploitation et de maintenance des réacteurs des sous-marins nucléaires, des opérations de démantèlement des ex-Sous-marins Nucléaires Lanceurs d'Engins (SNLE) et des opérations d'assainissement des installations. Cette famille inclut la part FMA-VC des 4 200 tonnes de déchets métalliques des compartiments « chaudière nucléaire » des 6 sous-marins nucléaires arrêtés.

Ils sont entreposés dans les ports militaires de Brest/le Longue, Cherbourg et Toulon.



Exemple de déchets bruts en caisson

Pour en savoir plus sur un de ces déchets, il me suffit de cliquer sur son code, F3-6-04 par exemple. Je découvre alors le stock total en France de cette famille de déchets, l'évolution prévue en 2030 et en 2040, et le volume total de ces déchets particuliers dans les centres de stockage de l'Andra.



De retour sur la carte, je peux zoomer sur les installations de La Hague et l'usine de traitement d'Orano. J'y retrouve un grand nombre de catégories et de familles de déchets radioactifs dont certains, de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL), sont entreposés en attente de stockage dans Cigéo.

____ PORTRAIT ____

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

Arrivé à l'Andra en 1991, Franck Duret est depuis octobre 2021 le chef des centres de stockage dans l'Aube, après avoir notamment passé plusieurs années dans la Manche. Retour sur trente années 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 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 département de l'Aube. D'abord responsable du service sûreté et environnement, il prend en charge, dès décembre 2000, le projet de construction du centre de stockage pour les déchets de très faible activité. 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 en heure ! Ce fut une période très intense, mais nous avons été au rendez-vous et le centre 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, il se voit plus comme chef



Franck Duret

“

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

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 sites en connaissent des transformations : sur le centre dédié au stockage des déchets de très faible activité, 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. Sur l'autre centre, dédié aux déchets de faible et moyenne activité à vie courte, 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.



Découvrez le portrait vidéo de Franck Duret : <https://vu.fr/nxAYc>



Le vulgarisateur et vidéaste Monté

Et si on parlait de mémoire ? Entretien avec Monté, de la chaîne *Linguisticae*

S'intéresser à la mémoire des centres de stockage de déchets radioactifs implique un autre rapport au temps. Il s'agit de penser en centaines, et même en milliers d'années. Sur ces longues échelles de temps, certaines langues sont appelées à se transformer, voire à disparaître. Comment, dès lors, appréhender la linguistique pour transmettre la mémoire ? L'Andra a ainsi approché le vulgarisateur linguistique Monté, qui compte plus de 400 000 abonnés sur sa chaîne YouTube *Linguisticae*. À la clé : une vidéo sur le sujet au gré d'un cheminement personnel à travers les installations de l'Andra.

En tant que linguiste, qu'est-ce qui vous a intéressé dans ce sujet de la mémoire des centres de stockage de déchets radioactifs ?

J'ai toujours été passionné d'histoire. Je suis parti en Autriche étudier la linguistique historique et la grammaire comparée indo-européenne, c'est-à-dire la méthode pour reconstruire la protolangue originelle commune à l'Iran, l'Inde et l'Europe qui était vraisemblablement parlée il y a 6 000 à 8 000 ans dans les steppes ukrainiennes. La question de la reconstruction des langues passées, de leur comparaison et de leur évolution, permet de comprendre comment nos langues actuelles évoluent. De fait, la question de la mémoire devient aussi une question linguistique : comment assurer

la transmission d'un message écrit, en français du xx^e siècle, jusqu'à la moitié du millénaire suivant ?

Comment la linguistique peut-elle contribuer à la conservation et à la transmission de la mémoire des centres de stockage ?

L'enjeu repose certainement sur une traduction régulière, dans des alphabets différents pour avoir une continuité du savoir et éviter qu'il soit oublié voire perdu. Au cours du dernier millénaire, nous sommes passés du latin à l'italien, au français puis à l'anglais comme langues de sciences et de culture. L'allemand et le russe ont aussi joué ce rôle en Europe centrale ou en Europe de l'Est. On ne sait jamais de quoi l'avenir sera fait : un conflit,

“

Si les gens identifient assez bien la question des déchets nucléaires, ils ignorent ce qu'il advient de ce qu'ils mettent à la poubelle ou amènent en déchetterie. »

Monté, créateur de la chaîne YouTube *Linguisticae*

un changement de paradigme, une révolution politique ou culturelle, et les langues dominantes peuvent changer et cela à une vitesse très rapide.

Quel bilan tirez-vous de la réalisation de cette vidéo ?

Le focus sur les déchets nucléaires est l'arbre qui cache la forêt : les autres déchets ultimes ne font l'objet d'aucune médiatisation. En tout cas, rien de comparable avec le nucléaire. Pourtant, l'amiante, le plomb ou certains engrais présentent des risques importants et immédiats. Si les gens identifient assez bien la question des déchets nucléaires, ils ignorent pour la plupart ce qu'il advient de ce qu'ils mettent à la poubelle ou amènent en déchetterie. Et s'ils craignent les radiations qui émaneraient d'une centrale ou d'un centre de stockage, beaucoup ignorent vivre dans des zones exposées naturellement au risque radon, qui est un gaz radioactif à l'origine de cancers pulmonaires. ●



Pour découvrir la vidéo de Monté sur la mémoire des déchets radioactifs : <https://vu.fr/HgnXJ>

En savoir plus sur le programme Mémoire pour les générations futures de l'Andra : <https://vu.fr/KMQk>



Centre de stockage de la Manche : des déchets sous surveillance

Premier centre français de stockage de déchets radioactifs ouvert en 1969, le Centre de stockage de la Manche a reçu ses derniers colis en 1994. Sa surveillance génère encore, en petites quantités, des déchets radioactifs de très faible activité. C'est pourquoi le CSM se doit également d'effectuer chaque année une déclaration à l'*Inventaire national*. Explications.

« La télédéclaration du CSM à l'*Inventaire national* est simple : le stockage n'évolue plus depuis 1994 », indique Jean-Louis Maillard, adjoint au directeur des opérations industrielles en charge de la sûreté. Pourtant, chaque année, le centre déclare, en plus des 527 225 m³ de colis de déchets radioactifs de faible et moyenne activité (FMA) reçus entre 1969 et 1994, entre 500 kilos et une tonne de déchets de très faible activité (TFA) issus des activités de surveillance du site et de l'environnement menées par l'Andra. « Il s'agit principalement de flacons en lien avec les analyses réalisées, qui sont broyés et conditionnés en fûts de 200 litres, précise Jean-Louis Maillard. Certaines années, des chantiers particuliers, comme le curage de réseaux de drainage, peuvent augmenter ce volume. Il peut alors représenter entre 5 et 10 tonnes de déchets qui seront expédiés vers le centre de stockage TFA de l'Aube qui leur est dédié. »

Garder la traçabilité des informations

Même si le centre ne réceptionne ni ne stocke plus de nouveaux colis depuis 1994, le CSM doit continuer à rendre compte à l'*Inventaire national* des volumes de déchets stockés. Cette déclaration est basée sur les registres tenus par l'Andra pendant toute la phase de fonctionnement du centre. « L'informatique et les codes-barres qui permettent un enregistrement au fil du parcours des colis ne sont arrivés que vers 1985. Avant ça, on remplissait des cahiers. En épluchant tous les registres, nous sommes parvenus à définir la localisation des premiers colis reçus dans les différents ouvrages de stockage. » Les premiers colis livrés sur le site étaient la plupart du temps accompagnés d'indications sommaires. La consolidation des inventaires radiologiques pour ces colis a été menée sur la base des caractérisations des déchets



reçus ultérieurement. Ces derniers répondaient à des exigences plus précises en matière de spécifications d'acceptation. « En cas de doute sur l'inventaire, le principe a été de surestimer l'activité des colis afin de conserver le caractère "enveloppe" de la démarche », souligne le responsable de la sûreté. Les informations présentes dans la base de données ont fait l'objet d'une validation en 1996 par la commission chargée d'évaluer la situation du CSM avant son passage en phase de surveillance. C'est ainsi que, sur le site web de l'*Inventaire national**, le public a accès à de nombreuses informations sur les volumes, l'origine des déchets stockés et la mise à jour des activités radiologiques (qui décroissent avec le temps) évaluées au CSM. ●

* inventaire.andra.fr.



Photo d'archive du CSM, alors en exploitation.



Manipulation des archives du Centre de stockage de la Manche sur papier permanent.

Le papier permanent, une solution pérenne pour conserver la mémoire ?

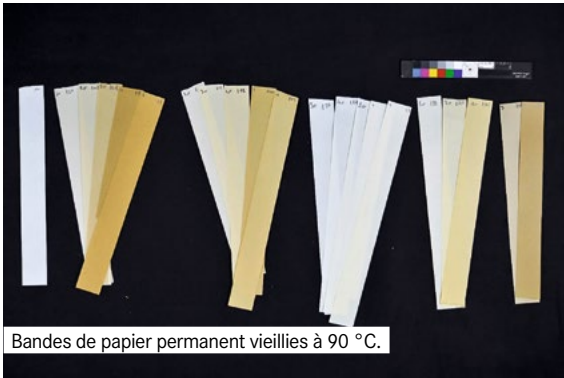
S'il ressemble à du papier ordinaire, le papier dit « permanent » a une durée de vie bien plus longue, ce qui en fait un support privilégié pour la conservation de certaines archives de l'Andra. Tout l'enjeu est de déterminer combien de temps au minimum il pourra préserver la mémoire qui lui est confiée ! Une thèse soutenue en 2023 s'est penchée sur le sujet.

Pour conserver la mémoire de ses centres de stockage de déchets radioactifs, l'Andra archive des documents sur différents supports, dont du papier. C'est le cas du dossier détaillé de mémoire* du Centre de stockage de la Manche, imprimé sur du papier « permanent ». La composition de ce dernier le rend plus durable que le papier « classique », dont l'acidification est notamment destructrice à long terme. Mais sa composition chimique spécifique et le manque de recul sur son utilisation compliquent l'estimation de sa durée de vie. Plusieurs siècles ?

Plusieurs millénaires ? Et dans quelles conditions ? Toutes ces questions ont été abordées dans la thèse** que Caroline Vibert a menée à l'Andra et soutenue en novembre 2023. « Attendre la fin de vie du papier pour l'étudier n'étant pas envisageable, le papier a été vieilli artificiellement en plaçant des échantillons dans des étuves chauffées entre 50 et 90 °C, explique-t-elle. En effet, à température plus élevée, les réactions chimiques s'accroissent et le papier se dégrade plus rapidement qu'en conditions ambiantes. »

Modèle prédictif

Les échantillons ainsi vieillis ont alors été analysés afin de déterminer l'état de dégradation de la cellulose – principal composant des fibres végétales du papier –, le degré d'acidification ou encore le taux de consommation de la réserve alcaline***. Objectif : créer un modèle numérique permettant de prédire la vitesse de dégradation du papier en fonction



Bandes de papier permanent vieilles à 90 °C.

des conditions d'archivage, mais aussi identifier un indicateur pertinent de durée de vie, en l'occurrence une résistance mécanique suffisante pour la manipulation. Quant à l'encre utilisée par l'Andra, il est apparu qu'elle se dégradait plus lentement que le papier et ne limitait donc pas sa longévité. « On peut affirmer que le papier permanent se dégrade 10 fois moins vite qu'un papier classique composé de fibres de coton sans additifs lorsque les deux sont soumis à une température de 90 °C, résume Caroline Vibert. Sa durée de vie, ou plus précisément le temps avant d'atteindre une fragilisation mécanique qui menace son utilisation, est d'environ un an dans ces conditions, ce qui peut se traduire par 8 000 ans à température ambiante. » D'autres données devront encore alimenter ce modèle pour qu'il gagne en précision et s'adapte à différents types de papiers permanents. ●



* Dossier réglementaire archivé sur chaque site de l'Andra et aux Archives nationales de France. Il contient des informations techniques et est destiné aux exploitants successifs des installations de stockages.

** « Durabilité du papier et au couple papier/encre en conditions d'archivage ». Thèse en partenariat entre l'Andra, le laboratoire Procédés et ingénierie en mécanique et matériaux (PIMM) et le Centre de recherche sur la conservation (unité de recherche tripartite CNRS / Muséum national d'histoire naturelle / ministère de la Culture et de la Communication).

*** Grains de carbonate de calcium intégrés à la composition du papier permanent pour en neutraliser l'acidité.

Le rayonnement gamma au service de la conservation du patrimoine

ARC-Nucléart est un atelier-laboratoire qui utilise les rayons gamma pour conserver et restaurer des œuvres du patrimoine culturel. Grâce à un partenariat avec l'Andra, cette technique innovante est proposée aux communes de Meuse et de Haute-Marne depuis 2016.

« Une clinique pour œuvres d'art qui met la science au service du patrimoine », voilà comment Amy Benadiba résume l'activité d'ARC-Nucléart, un atelier de conservation-restauration doublé d'un laboratoire de recherche (dix-huit personnes au total) implanté sur le site du CEA à Grenoble. « Nous sommes les seuls au monde à disposer d'un irradiateur destiné à la conservation du patrimoine. Notre équipe est constituée de restaurateurs, conservateurs et ingénieurs qui utilisent les rayons gamma issus de puissantes sources radioactives de cobalt 60 dites "de très haute activité" pour éliminer les ravageurs (champignons, moisissures ou insectes) susceptibles d'infester les œuvres au fil du temps », détaille la conservatrice du patrimoine, directrice scientifique et culturelle d'ARC-Nucléart. Spécialisé dans la conservation et la restauration d'objets constitués de matériaux organiques (bois, cuir, fibres végétales...), ARC-Nucléart a donné une seconde jeunesse à plusieurs objets depuis plus de cinquante ans : momie de Ramsès II, valises de passagers du Titanic, barque gallo-romaine,

manuscrits, instruments de musique, tableaux... Tous ont été irradiés puis restaurés avec soin. Là encore, l'atelier-laboratoire s'appuie sur des technologies de pointe : scanner, spectrométrie infrarouge, microscope électronique à balayage...

Des « pépites » dans les églises locales

Un partenariat avec l'Andra offre aux communes de Haute-Marne et de Meuse le bénéfice de cette expertise unique. En juin 2023, une statue en bois représentant saint Didier, datant du ^{XVII}^e siècle, traitée par ARC-Nucléart, a retrouvé sa paroisse à Thonnance-lès-Joinville (Haute-Marne), tandis qu'un élément de retable représentant saint Côme et saint Damien reprenait place à Germisay (Haute-Marne). « Les églises locales abritent des pépites », s'enthousiasme Amy Benadiba. La cérémonie de restitution de cette œuvre a été l'occasion d'expliquer le travail d'ARC-Nucléart. « Nous avons par exemple détecté, sous les habits rouges et bleus des saints, une couche de peinture plus ancienne, en vert et jaune. Les habitants ont ainsi découvert que, selon les époques, les couleurs des vêtements représentés pouvaient changer », raconte Amy Benadiba. Le véhicule d'ARC-Nucléart n'est par ailleurs pas rentré à vide. Un saint Roch de Chatonrupt-Sommermont (Haute-Marne) et un saint Lazare de l'église de Ligny-en-Barrois (Meuse) ont à leur tour pris le chemin



Saint Côme et saint Damien de Germisay avant et après restauration.

de Grenoble. Ils sont attendus de pied ferme par les habitants qui les retrouveront d'ici à plusieurs mois, une fois que l'équipe d'ARC-Nucléart leur aura rendu leur éclat d'origine. ●



Pour en savoir plus sur les activités d'ARC-Nucléart, écoutez le podcast de l'Andra (Radio-Active) : « Les rayons gamma au service des objets du patrimoine » : <https://vu.fr/unks>



Saint Didier de Thonnance en cours de restauration.

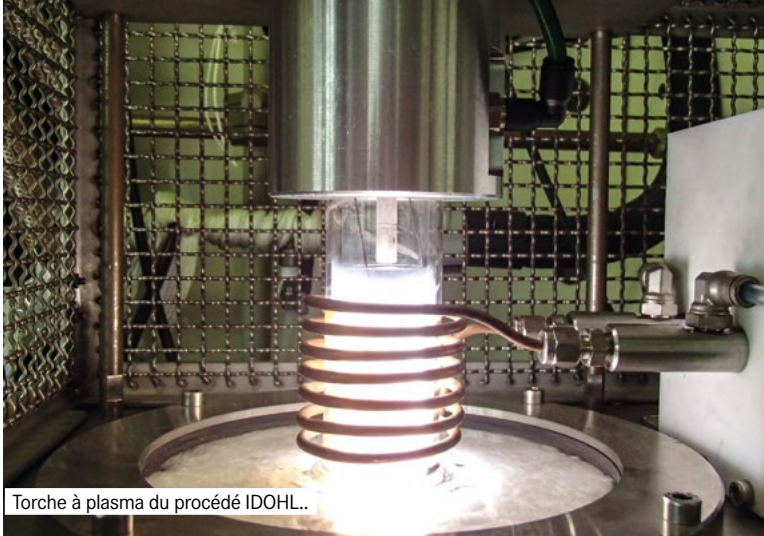
Milor, une torche à plasma pour traiter les déchets radioactifs liquides

Accompagné par l'Andra, le projet Milor vise à développer une filière de traitement des déchets liquides organiques radioactifs qui ne peuvent pas être stockés en l'état. Un démonstrateur a vu le jour en 2020 au CEA et le projet a été récompensé en juillet 2023 par la Société française d'énergie nucléaire.

Les déchets liquides organiques radioactifs (DLOR) – solvants d'extraction, huiles techniques, liquides scintillants pour l'imagerie médicale, molécules marquées pour la recherche, etc. – ne peuvent pas être stockés en l'état dans les centres de l'Andra. À cause de leur nature liquide et pour des raisons de stabilité dans les colis, ils doivent d'abord être transformés en matières solides. La plupart du temps, ils sont incinérés dans l'installation Centraco de Cyclife France, à Marcoule (Gard), et leurs cendres sont cimentées. Mais tous les liquides organiques ne peuvent pas être traités par cet incinérateur.

Incinérer des déchets liquides avec un plasma

Porté par le CEA et Inovertis-A3i, le projet Milor (MInéralisation de déchets Liquides ORganiques



Torche à plasma du procédé IDOHL.

radioactifs par voie plasma), lauréat du Programme d'investissements d'avenir lancé par l'Andra et l'Agence nationale de la recherche, entend bien relever le défi. Milor développe en effet deux procédés thermiques basés sur la technologie de torche à plasma, qui produit un jet de gaz chauds à plusieurs milliers de degrés. Dans le premier procédé, baptisé « IDOHL » (Installation de destruction d'organo-halogénés liquides), les DLOR sont brûlés dans un mélange gazeux par la torche à plasma. Leur incinération produit des gaz récupérés dans une colonne étanche et piégés par de la chaux. Celle-ci peut ensuite être cimentée et conditionnée dans des colis stockés dans les centres de l'Andra. IDOHL a déjà atteint la phase de démonstration puisqu'un prototype est installé depuis mars 2021 au CEA à Saclay (Essonne).

Potentiel commercial

Dans le second procédé, nommé « Elipse » (Élimination de liquides par plasma sous eau), la torche à plasma est immergée dans une

colonne d'eau qui absorbe les gaz de l'incinération. Cette eau est ensuite filtrée pour produire deux sortes de liquides : un premier effluent compatible avec un traitement dans l'installation Centraco ou une station de traitement des effluents (STEL), et un autre très concentré qui pourra être cimenté et conditionné dans des colis stockables dans les centres de l'Andra. Si la faisabilité d'Elipse est démontrée, des développements technologiques restent nécessaires avant son industrialisation.

« Le projet Milor ne s'est pas contenté d'étudier le processus de minéralisation des déchets liquides », explique Hélène Nonnet, ingénieure responsable des projets d'incinération des déchets au CEA. Il embrasse la problématique dans son ensemble, depuis la destruction des liquides organiques jusqu'au colis final. » ●



Pour en savoir plus sur le projet Milor : <https://vu.fr/qmKu>



Procédé Elipse au CEA à Marcoule.

#ON VOUS RÉPOND

Comment étaient gérés les déchets radioactifs avant l'ouverture du CSM ?



L'ancienne mine d'uranium de Bellezane (87) après réhabilitation.

Avec le développement de la production nucléaire d'électricité dans les années 1950 et 1960, une prise de conscience s'opère : une solution de gestion durable et sûre pour les déchets radioactifs est nécessaire. Plusieurs pistes sont envisagées mais, rapidement, la création d'un centre unique dédié au stockage en surface des déchets de faible et moyenne activité produits sur le territoire national est retenue. Le Centre de stockage de la Manche (CSM), situé à La Hague, réceptionne son premier colis de déchets en 1969.

Comment faisait-on avant l'ouverture du CSM ? Dans l'attente d'une mise en service d'une solution durable, les déchets étaient conditionnés et entreposés sur leur lieu de production. Certains déchets radioactifs ont également pu faire l'objet de modes de gestion spécifiques. Il s'agit, par exemple, de sites de stockage situés à proximité de mines d'extraction d'uranium ou de certaines installations nucléaires, ou encore de dépôts de déchets à radioactivité naturelle renforcée. Aujourd'hui, ces sites, qualifiés

de « stockages historiques », ne sont pas sous la responsabilité de l'Andra mais sous celle de leurs exploitants.

La France a également participé à deux campagnes expérimentales d'immersion pilotées par l'Agence internationale à l'énergie atomique (AIEA), en 1967 et 1969. Au total, 14 200 tonnes de déchets provenant du site nucléaire de Marcoule (Gard) ont été plongés à 4 000 mètres de profondeur dans l'Atlantique Nord-Est. Entre 1967 et 1982, 3 200 tonnes de déchets radioactifs issus des essais nucléaires réalisés en Polynésie ont également été immergés dans les eaux territoriales françaises, à proximité des côtes de la Polynésie.



Pour en savoir plus, lire « Les modes de gestion spécifiques » et « Les déchets radioactifs immergés » sur le site de l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs*. <https://vu.fr/egsti>



#ILS SONT VENUS NOUS VOIR



Les 21 et 28 novembre 2023, Sylvie Lemarchandel, responsable de secteur Basse-Normandie du groupe d'intérim Interaction, s'est rendue au Centre de stockage de la Manche avec les équipes des départements de la Manche, du Calvados et de l'Orne, soit 16 personnes au total. Elle partage son retour d'expérience après ces deux visites.

« Notre agence de Cherbourg dispose d'une spécialité nucléaire afin de répondre aux clients ayant des besoins de recrutements dans ce domaine. Dans ce cadre, j'ai souhaité faire découvrir un autre aspect de ce secteur à mes équipes, notamment pour élargir leurs connaissances sur le stockage des déchets radioactifs. Nous avons été particulièrement marqués par les explications sur la radioactivité et ses différents aspects. Je recommande cette visite, qui permet de renforcer les connaissances sur le nucléaire et ses déchets. »



Vous aussi, vous souhaitez mieux comprendre la gestion des déchets radioactifs ? Contactez-nous au 02 33 01 69 13 ou par mail à marie-pierre.germain@andra.fr

PHOTOMYSTÈRE



À votre avis que représente cette image ?

Il s'agit d'un caniveau de récupération pour les eaux de pluie de la couverture du Centre de stockage de la Manche.



Pour en savoir plus : <https://vu.fr/eMkHX>



Toutes les données sur les matières
et déchets radioactifs sont sur

inventaire.andra.fr



Les Essentiels



Catalogue
des familles



Qu'est-ce que
l'Inventaire national ?



Localisation
des déchets



Catalogue
des matières

