



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



AUTOMNE 2024 N° 49

le Journal de l'Andra

— ÉDITION AUBE

Déchets radioactifs :
un transport
à toute épreuve

P.8



Sommaire

en bref

P.4 Une première installation de stockage en surface autorisée au Canada

P.5 Journée portes ouvertes de l'Andra : encore une belle édition



P.5 La préfecture de l'Aube autorise le projet Acaci

tableau de bord

P.6 L'Andra à votre écoute !

territoire

P.7 Maison pour tous de Brienne : des repas à domicile pour tous les goûts !

P.7 La science, ça leur parle !



dossier



P.8 Dossier

Déchets radioactifs : un transport à toute épreuve

P.9 Des rôles bien définis

P.10 Quel cadre réglementaire pour le transport de déchets radioactifs ?

P.11 Transport des déchets radioactifs : rigueur et traçabilité au rendez-vous

P.12 Des colis adaptés pour parer toutes les éventualités

P.13 La relation entre l'Andra et les producteurs de déchets radioactifs

P.14 Des producteurs soucieux d'améliorer le transport de leurs déchets : l'exemple d'Orano

P.15 Quel risque pour le public ?

P.16 Terminus : Cigéo !

P.17 Des trains pour Cigéo

portrait

P.18 Roxane Calmettes, la chimiste qui comptait les rayons

l'invité

P.19 Yves Vaillant : le commissaire mène l'enquête !

innovation

P.20 Cigéo : l'intelligence artificielle au service du contrôle de la roche

décryptage

P.21 Hongrie, l'expérience du stockage géologique

P.22 Tout comprendre des déchets de faible et moyenne activité à vie courte



entre nous

P.26 On vous répond : D'où vient la classification des déchets radioactifs ?

P.26 #Ils sont venus nous voir
P.27 photomystère

LE POINT DE VUE DE CHEREAU

À l'Andra, les déchets montrent patte blanche !



ABONNEMENT GRATUIT

Pour être sûr de ne rien manquer sur l'actualité de l'Andra, abonnez-vous par mail à journal-andra@andra.fr, en précisant la ou les édition(s) souhaitée(s).

Par route ou par train, des milliers de colis de substances radioactives sont acheminés chaque année en France, dont une partie vers les installations de l'Andra dans l'Aube. Pour ces convois, un mot d'ordre : sécurité maximale ! Plongez dans les coulisses du transport de déchets radioactifs en page 8.

150

analyses ont été réalisées par l'Association pour le contrôle de la radioactivité de l'Ouest (Acro) sur 57 échantillons prélevés dans l'environnement autour des centres de l'Andra dans l'Aube : eaux, sédiments, végétaux, poissons, etc. L'Acro avait été mandatée par la Commission locale d'information (Cli) de Soulaines pour mener une nouvelle étude environnementale. Les résultats sont conformes aux résultats des précédentes études et similaires à ceux observés ailleurs, dans des zones hors influence industrielle.

Pour en savoir plus : https://lc.cx/uA_qfM



L'ASN publie son rapport 2023

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a publié en mai son rapport sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2023. Concernant le Centre de stockage de l'Aube (installation nucléaire de base n° 149), elle juge les conditions d'exploitation satisfaisantes : « Les inspections menées en 2023 ont notamment permis de constater une organisation adaptée en matière de surveillance des rejets et de l'environnement, de suivi et de contrôle des opérations de génie civil et, plus généralement, un management satisfaisant de la sûreté. »

Lire le rapport : <https://lc.cx/G7dCED>



Une première installation de stockage en surface autorisée au Canada

Début 2024, la Commission canadienne de sûreté nucléaire a donné son feu vert à la construction de la première installation de stockage de déchets radioactifs du pays. Elle sera située en surface, à Chalk River, au nord-ouest de la capitale Ottawa. Elle accueillera des déchets de faible activité, pour la plupart hérités des activités de recherche des laboratoires nucléaires de Chalk River, comme des équipements de protection individuelle ou des matériaux de construction contaminés. Sa capacité de stockage



Vue 3D du futur stockage de surface canadien.

sera de 1 million de m³ pour une durée d'exploitation de cinquante ans.

Ce projet s'inscrit dans une stratégie globale de gestion des déchets radioactifs, approuvée par le gouvernement du Canada en 2023. Elle recommande plusieurs installations de stockage en surface pour les déchets de faible activité et un stockage géologique pour les déchets de moyenne et de haute activité. Cette stratégie vient compléter les plans en cours, notamment le projet de stockage géologique des combustibles usés. La Société de gestion des déchets nucléaires du Canada (NWMO), en charge de sa réalisation, doit retenir le site qui accueillera ces déchets d'ici à quelques mois. Elle pourra s'appuyer sur le retour d'expérience de l'Andra, puisque l'accord de collaboration historique entre les deux partenaires a été renouvelé en 2023 pour cinq ans.

dans les médias

La gestion des déchets radioactifs décryptée sur Instagram et TikTok

Connaissez-vous monsieurlechat ? C'est le pseudo d'un professeur de physique-chimie auteur de courtes vidéos sur Instagram et sur TikTok pour expliquer des faits scientifiques de manière ludique. Dans le cadre d'un partenariat avec l'Andra, il s'est intéressé à la gestion des déchets radioactifs. Le résultat : trois vidéos dynamiques et pédagogiques présentant le rôle et le fonctionnement des installations de l'Andra dans l'Aube (le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage et le Centre de stockage de l'Aube) et son Laboratoire souterrain en Meuse/Haute-Marne. Prenez quelques minutes pour les visionner !

Retrouvez l'interview de monsieurlechat et les vidéos sur : <https://lc.cx/rGYdJ5>



Journée portes ouvertes de l'Andra : encore une belle édition

Avec plus de 600 personnes accueillies le dimanche 15 septembre au Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), la Journée portes ouvertes de l'Andra était très attendue du grand public !

Les visiteurs ont apprécié de pouvoir échanger avec les salariés sur leurs métiers et les activités de l'Andra.



Les visiteurs sont toujours très intéressés et satisfaits de pouvoir visiter l'intérieur de bâtiments industriels et des alvéoles de stockage, et ainsi comprendre comment les déchets radioactifs sont gérés.



Cigéfix en guest-star ! Ce chien-robot, testé au Laboratoire souterrain du Centre de Meuse/Haute-Marne pour préfigurer des applications possibles de la robotique en vue de Cigéo, a impressionné de nombreux visiteurs.



Voir la vidéo : <https://lc.cx/uXdaNJ>



La préfecture de l'Aube autorise le projet Acaci

L'Andra a obtenu en juillet dernier l'autorisation préfectorale pour le projet Acaci⁽¹⁾, consistant à augmenter la capacité de stockage autorisée du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires).



Les alvéoles de stockage de la tranche 3 du Cires seront exploitées à l'identique des précédentes alvéoles.

Grâce à des travaux d'optimisation réalisés sur les alvéoles de stockage du Cires depuis sa mise en service en 2003, il s'avère possible de stocker les 650 000 m³ de déchets de très faible activité (TFA) initialement autorisés sur deux tranches au lieu des trois prévues. Ceci libère la troisième tranche pour stocker 300 000 m³ de colis supplémentaires sans augmenter la surface

de la zone de stockage et tout en conservant son niveau de sûreté.

L'Andra avait déposé en avril 2023 une demande d'autorisation environnementale pour le projet Acaci. S'était ensuivie une enquête publique, conclue par un avis favorable du commissaire enquêteur. Pour Patrice Torres, directeur industriel et des activités du Grand Est à l'Andra, la décision de la préfecture « vient récompenser plusieurs années de travail et marque le début d'une autre étape pour un projet important pour la France ». Prochaine étape : le déboisement (commencé en septembre) d'une zone destinée à accueillir les terres retirées pour la construction des alvéoles de la troisième tranche de stockage. Celle-ci devrait être opérationnelle en 2028-2029.

(1) Augmentation de la capacité autorisée de stockage du Cires.

Pour en savoir plus : <https://lc.cx/S9Pxiz>



L'Andra à votre écoute !

Comme chaque année, fin 2023, l'Andra a fait réaliser* une enquête d'opinion auprès des Français et des riverains de ses centres dans l'Aube et en Meuse/Haute-Marne. L'objectif ? Connaître votre avis sur l'Andra et la gestion des déchets radioactifs, et mieux répondre à vos attentes en matière d'information. Gros plan sur les principaux résultats.

L'Andra, un nom de plus en plus connu

29 % des Français
82 % des riverains

ont déjà entendu parler de l'Andra, et 49 % des riverains citent spontanément son nom

L'enjeu environnemental comme préoccupation majeure

69 % des Français
49 % des riverains

considèrent que la gestion des déchets radioactifs est avant tout un enjeu environnemental

Une mission de service public reconnue

58 % des Français
66 % des riverains

considèrent que l'Andra accomplit une mission de service public

Confiance renouvelée dans la gestion des centres de stockage de l'Aube

51 % des Français
69 % des riverains

font confiance à l'Andra pour gérer les centres de stockage de déchets radioactifs de l'Aube de façon sûre sur le long terme.

Pour s'informer sur la gestion des déchets radioactifs, les riverains de l'Aube accordent leur confiance :



76 % aux scientifiques en général



69 % à l'Andra



55 % aux associations de protection de l'environnement

Pour les riverains, le journal de l'Andra constitue la source la plus consultée

77 %



Le point de vue de l'Andra

Les résultats de ces sondages nous incitent à poursuivre nos efforts en matière d'information et nous permettent de toujours mieux répondre à vos interrogations. Nous remercions l'ensemble des personnes qui ont accepté d'y participer.

* Enquête d'opinion réalisée par le cabinet Occurrence auprès d'un échantillon de 1 400 Français (en ligne du 11 au 20 décembre 2023) et de 592 riverains (par téléphone du 30 novembre 2023 au 3 janvier 2024).



Maison pour tous de Brienne : des repas à domicile pour tous les goûts !

Dans le cadre du parrainage de la Maison pour tous, centre social de la région de Brienne, l'Andra soutient l'acquisition d'un nouveau camion pour la livraison de repas à domicile.

Parmi ses nombreuses actions en faveur de la solidarité et de la cohésion sociale, la Maison pour tous, centre social de la région de Brienne, livre des repas à domicile aux personnes âgées. Ses deux camions frigorifiques sillonnent la communauté de communes des Lacs de Champagne et le secteur de Soulaïnes, livrant chaque année près de 15 000 repas complets qui n'ont plus qu'à être réchauffés. Ces derniers sont confectionnés dans les cuisines de l'hôpital de Bar-sur-Aube. « C'est l'un des points forts de notre service, explique Émilie Marot, coordinatrice du service de portage à domicile. Cela nous rend capables

de nous adapter à des régimes particuliers correspondant à un large éventail de maladies. Une partie de nos bénéficiaires nous ont d'ailleurs découverts suite à une hospitalisation. » L'association devra bientôt remplacer l'un de ses deux camions. Engagée de longue date à ses côtés, l'Andra lui a déjà attribué une aide spéciale. La concrétisation de ce beau projet passe maintenant par l'augmentation du nombre de repas distribués ! C'est pourquoi la

Maison pour tous va lancer prochainement une nouvelle formule midi et soir à tarif attractif. Pour tout renseignement, appeler le 03 25 92 91 91. ●



La Maison pour tous de Brienne livre près de 15 000 repas par an.

La science, ça leur parle !

En partenariat avec l'Andra, des collégiens de Brienne-le-Château ont réalisé des podcasts scientifiques sur la radioactivité. À découvrir sur Troyes Aube Radio.

Le 4 octobre, premier jour de la fête de la Science, une dizaine d'élèves de 4^e du collège Julien-Regnier de Brienne-le-Château ont rempli les studios de la radio auboise Troyes Aube Radio. Objectif : enregistrer

des podcasts vulgarisant les phénomènes scientifiques liés à la gestion des déchets radioactifs. Radioactivité, métaux, QR Codes sur les colis, surveillance de l'eau et même histoire de Marie Curie :

ils ont choisi leurs thèmes, effectué leurs recherches et rédigé leurs textes avec l'aide de leur professeure de physique-chimie. L'Andra leur avait donné un coup de pouce en leur ouvrant les portes de son Centre de stockage dans l'Aube (CSA), le 17 juin dernier. « Ils ont été très créatifs pour transmettre ce qu'ils ont appris et c'est exactement ce qu'il faut faire pour diffuser la culture scientifique, estime Lauriane Becet, chargée de communication digitale au CSA. Le prochain Jamy est peut-être parmi eux ! » Diffusés une première fois le 7 octobre, leurs podcasts sont disponibles en réécoute sur troyesauberadio.fr. ●



Les journalistes de la radio auboise sont venus à la rencontre des collégiens avant l'enregistrement des émissions.





Déchets radioactifs : un transport à toute épreuve

980 000 colis de substances radioactives sont transportés chaque année en France. Des sources radioactives pour détecter le plomb dans les peintures à celles utilisées en radiothérapie, la grande majorité des transports est liée à l'industrie et à la recherche non nucléaire ainsi qu'au secteur médical. Chacune de ces activités génère des déchets radioactifs qui doivent être pris en charge par l'Andra. Ce sont ainsi environ 35 000 colis de déchets, principalement à vie courte, qui sont aujourd'hui acheminés annuellement, majoritairement par la route, jusqu'aux installations de stockage de l'Agence, dans l'Aube. Dans le futur, la plupart des déchets les plus radioactifs utiliseront le train pour rejoindre le Centre de stockage géologique Cigéo.

Tous ces transports de déchets radioactifs, de leur site de production à leur destination finale, font l'objet d'un suivi rigoureux pour garantir une sécurité maximale. Le point dans ce dossier.

Des rôles bien définis

Pour garantir la sûreté des transports de substances radioactives – comme le sont les déchets – de leur point d'origine à leur destination finale, toute une chaîne d'acteurs est mobilisée. Le point sur leurs actions et rôles respectifs.

Les principaux producteurs de déchets radioactifs sont les professionnels de la filière électronucléaire (Orano, EDF et le CEA⁽¹⁾). Ils ont l'entière responsabilité de l'organisation de leur transport. Ainsi, ils choisissent le mode de transport – essentiellement la route – et un transporteur agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Ils caractérisent le déchet radioactif à transporter, sélectionnent son emballage, conditionnent le déchet à l'intérieur et assurent l'étiquetage. Ils disposent alors d'un colis prêt à être transporté une fois les bordereaux de transport remplis. Reste enfin à veiller au chargement et à l'arrimage des colis dans le véhicule. Pour les producteurs non électronucléaires (hôpitaux, laboratoires de recherche, universités, etc.), c'est l'Andra qui effectue ces démarches, tout au long de la chaîne : de la collecte à la réception des déchets dans ses installations dans l'Aube.

Dans le cas des déchets les plus radioactifs, à l'image de ceux de haute activité (HA) qui seront stockés dans Cigéo, la sécurité est renforcée. Dès leur production, issue

du retraitement des combustibles usés, les déchets HA sont vitrifiés et coulés dans des colis en inox. Entreposés provisoirement dans l'attente de Cigéo, les colis seront eux-mêmes placés dans des emballages de transport pour être acheminés vers le stockage.

Une défense en profondeur

La sûreté du transport des déchets radioactifs, comme de l'ensemble des substances radioactives, repose sur le concept de « défense en profondeur », qui consiste à mettre en œuvre trois niveaux de protection complémentaires : robustesse des colis, fiabilité des opérations de transport, préparation aux situations d'urgence. L'ASN veille à la bonne application des exigences réglementaires et des procédures. Pour les substances les plus sensibles, les itinéraires sont communiqués à l'ASN et soumis à la validation du Haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère chargé de l'Environnement.

Anticipation et préparation

L'ASN recommande à tous les intervenants d'établir des plans d'urgence qui définissent à



Contrôles radiologiques sur les colis à leur arrivée au CSA.

l'avance l'organisation et les outils pour réagir efficacement en cas d'accident. En complément, elle organise régulièrement des exercices de crise associant producteurs de déchets, transporteurs, services préfectoraux et services de secours. Elle contrôle également l'efficacité de la préparation aux situations d'urgence des expéditeurs et des transporteurs. Ainsi, en cas d'accident, tous les intervenants doivent alerter immédiatement les services de secours. Le transporteur doit avoir à sa disposition dans la cabine des consignes écrites indiquant les premières actions à mener. Une fois l'alerte donnée, le transporteur et l'expéditeur doivent fournir aux pouvoirs publics toutes les informations relatives au contenu transporté.

(1) Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives.



Contrôles radiologiques des camions à leur arrivée au CSA.

Et en cas d'accident ?

La robustesse des colis de transport est un élément fondamental de la sûreté des transports de matières ou de déchets radioactifs. Ainsi, l'emballage doit être adapté à la nature et à la dangerosité du contenu afin de garantir le confinement des substances radioactives, même en cas d'accident.

Quel cadre réglementaire pour le transport de déchets radioactifs ?

Le transport de substances radioactives s'inscrit dans le cadre général du transport de marchandises dangereuses. Le point sur la réglementation.

En 1968, l'Organisation des Nations unies adoptait son accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR). Les autres modes de transport (ferroviaire, maritime, aérien) disposent d'accords similaires. Les dispositions de ces accords ont été transposées, en France, dans l'arrêté du 20 mai 2009 relatif au transport de marchandises

dangereuses par voie terrestre (arrêté TMD). De son côté, pour tenir compte des spécificités des substances radioactives, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a élaboré son règlement de transport qui précise les exigences de sûreté : robustesse des colis, fiabilité des opérations de transport, gestion de crise dans les situations accidentelles.

Enfin, les recommandations de l'AIEA sont annexées aux accords internationaux sur le transport des marchandises dangereuses, dont font partie les substances radioactives. Elles sont reprises dans l'arrêté TMD, qui donne pouvoir à l'ASN pour contrôler l'application des dispositions relatives au transport de substances radioactives.

Les chiffres clés du transport de substances radioactives

15 millions de colis de substances dangereuses sont transportés chaque année en France, dont environ **6 %** de substances radioactives.

Ces **980 000 colis** de substances radioactives sont acheminés à l'occasion de **770 000 opérations de transport**.

Un colis peut mesurer de **10 centimètres à 8 mètres de long** et peser de **quelques kilogrammes à plus de 100 tonnes**. Il contient une grande variété de substances radioactives et chimiques. Il existe de nombreux conditionnements différents.

96 % des colis sont transportés exclusivement par route. Les **4 %** de colis restants font l'objet de transports combinés, associant la route à d'autres modes, notamment le rail.

100 inspections liées au transport sont réalisées chaque année par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

En 2023, **86 événements significatifs** relatifs au transport de substances radioactives ont été déclarés à l'ASN, dont 84 au niveau 0, et 2 au niveau 1, sur l'échelle INES⁽¹⁾, c'est-à-dire des anomalies qui n'ont pas donné lieu à des contaminations.

(1) International Nuclear Event Scale. Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques, adoptée par plus de 80 pays dans le monde. Elle comporte huit niveaux, de 0 à 7.

Transport des déchets radioactifs : rigueur et traçabilité au rendez-vous

2 500 transports de colis de déchets de très faible activité (TFA) ou de faible et moyenne activité principalement à vie courte (FMA-VC) sont réceptionnés chaque année par les centres de l'Andra dans l'Aube. Soumis à une réglementation très stricte, le transport de ces déchets, depuis leur site de production jusqu'à leur lieu de stockage définitif, fait l'objet d'un suivi rigoureux. Objectif : garantir une sécurité maximale.

DES CONTRÔLES SYSTÉMATIQUES

À leur départ et dès leur arrivée, les transports sont contrôlés : vérification des documents administratifs de transport, contrôles radiologiques. Le moindre écart constaté par rapport à la réglementation fait l'objet d'une information au producteur de déchets concerné et à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Des contrôles sont également effectués par l'ASN sur les sites des producteurs ou de l'Andra.

LE TRANSPORTEUR

Il est responsable de la sûreté de ses véhicules, de leur signalisation (plaques indiquant la nature de la substance radioactive transportée) et de la formation de ses conducteurs.

CENTRE INDUSTRIEL DE REGROUPEMENT, D'ENTREPOSAGE ET DE STOCKAGE (CIRES)

Déchets de très faible activité (TFA)
1 500 livraisons par an pour un total de 19 000 colis, soit environ sept camions par jour du lundi au vendredi (chiffres 2023).

TRANSPORT PAR LA ROUTE

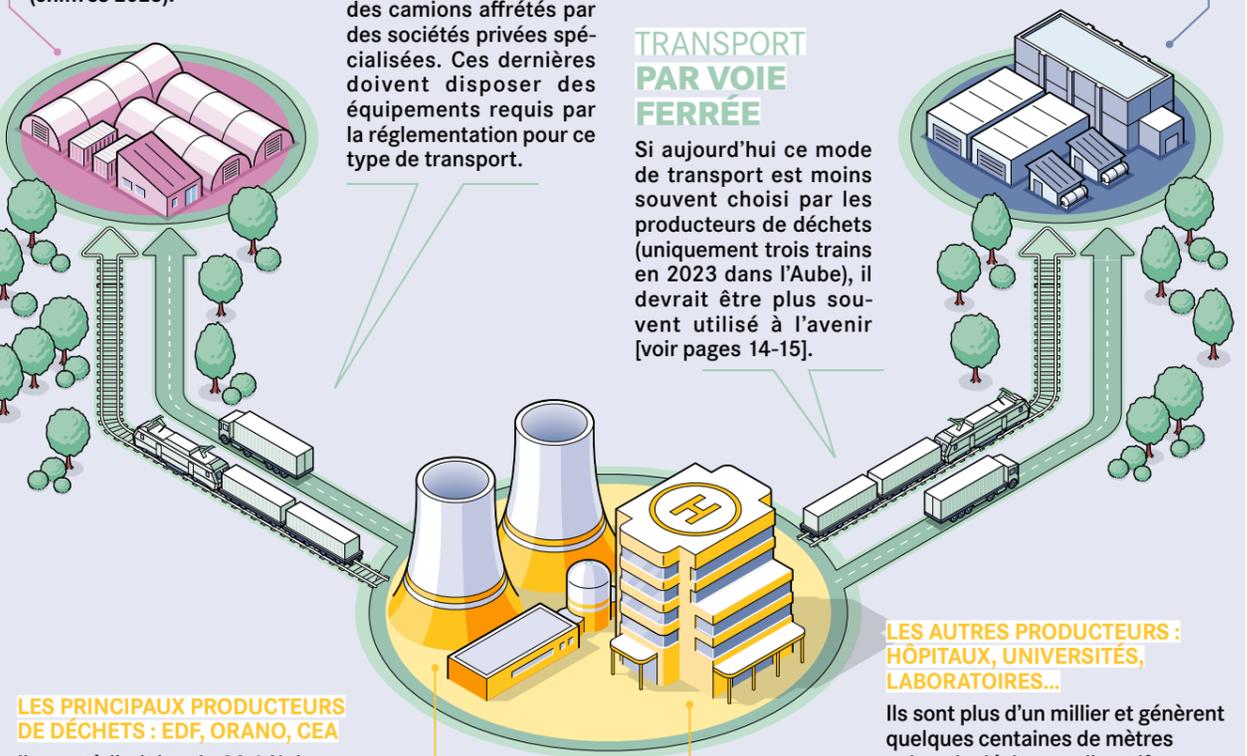
La route est le principal mode d'acheminement. Les déchets radioactifs sont transportés dans des camions affrétés par des sociétés privées spécialisées. Ces dernières doivent disposer des équipements requis par la réglementation pour ce type de transport.

TRANSPORT PAR VOIE FERRÉE

Si aujourd'hui ce mode de transport est moins souvent choisi par les producteurs de déchets (uniquement trois trains en 2023 dans l'Aube), il devrait être plus souvent utilisé à l'avenir [voir pages 14-15].

CENTRE DE STOCKAGE DE L'AUBE (CSA)

Déchets de faible et moyenne activité principalement à vie courte (FMA-VC)
850 livraisons par an en moyenne pour un total de 16 000 colis, soit environ quatre camions par jour du lundi au vendredi (chiffres 2023).



LES PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE DÉCHETS : EDF, ORANO, CEA

Ils sont à l'origine de 99,4 % du volume de déchets réceptionnés au CSA et de 92 % du volume de déchets reçus au Cires.

LES AUTRES PRODUCTEURS : HÔPITAUX, UNIVERSITÉS, LABORATOIRES...

Ils sont plus d'un millier et génèrent quelques centaines de mètres cubes de déchets radioactifs par an : 0,6 % du volume de déchets envoyés au CSA et 8 % du volume de ceux expédiés au Cires.



Pour lire l'intégralité de l'entretien : <https://lc.cx/epk7y>



Transport de matières radioactives.

Des colis adaptés pour parer toutes les éventualités

La réglementation relative au transport de substances radioactives précise quels types de colis sont à utiliser et fixe les exigences de leur résistance.

Un colis est composé du contenu (la substance radioactive) et du contenant (un emballage plus ou moins complexe⁽¹⁾). Les emballages sont conçus pour maîtriser les risques de contamination et d'irradiation, en situation normale comme en cas d'accident pouvant survenir durant le transport. Ils sont soumis à une série de tests pour éprouver leur résistance.

En France, la réglementation distingue cinq grandes familles de colis selon les caractéristiques des substances transportées (activité radiologique totale et forme physico-chimique) :

- les « colis exceptés », pour les substances très faiblement radioactives. Ils doivent respecter des spécifications générales, notamment relatives à la radioprotection, mais ne sont pas soumis à des conditions de résistance particulières ;
- les « colis de type A », pour les substances moyennement radioactives. Ils doivent pouvoir résister à différentes situations : petits chocs, empilement de colis, chute d'un objet perforant sur le colis, exposition à la pluie ;
- les « colis de type industriel », pour les substances faiblement ou moyennement radioactives. Il en existe plusieurs sous-catégories selon la nature des déchets qu'ils contiennent ;
- les « colis de type B », pour les substances fortement radioactives. Chute, poinçonnement, incendie, immersion : ils subissent des épreuves simulant des conditions accidentelles sévères ;

• les « colis de type C », destinés à transporter des substances hautement radioactives par voie aérienne. Il n'en existe aucune utilisation en France à ce jour.

Les colis de déchets TFA et FMA-VC destinés aux centres de stockage de l'Andra dans l'Aube appartiennent aux trois premières catégories.

⁽¹⁾ Le contenu est le plus souvent bloqué dans le contenant avec un matériau.

Le saviez-vous ?

Les colis de type B qui transporteront les colis de déchets de haute activité (HA) vitrifiés vers Cigéo doivent pouvoir résister à des chocs à 48 km/h, à une chute de 9 mètres sur une surface indéformable, à une pointe de 6 kg lâchée à 1 m de hauteur, à un incendie à 800 °C pendant 30 min, à une aspersion d'eau et à une immersion sous 15 m d'eau pendant 8 h.



Colis de déchets provenant de la collecte chez les producteurs non électronucléaires.

La relation entre l'Andra et les producteurs de déchets radioactifs

Au-delà des aspects réglementaires et logistiques, la sécurité du transport des déchets radioactifs repose aussi sur la relation de proximité que l'Andra entretient avec les producteurs. Les explications de Magali Thieblemont, conseillère à la sécurité pour le transport des matières dangereuses vers les centres industriels de l'Andra dans l'Aube.

En quoi est-il important d'interagir avec les producteurs de déchets radioactifs ?

L'enjeu principal est celui de la conformité des colis à leur arrivée sur les centres de l'Andra dans l'Aube⁽¹⁾. Avec les producteurs électronucléaires, qui gèrent eux-mêmes le conditionnement et le transport de leurs déchets, nous nous assurons que nos exigences sont respectées et nous intervenons dans le cas contraire. Ainsi, en cas de contamination sur la surface d'un colis ou d'un plan de chargement de remorque au-delà des seuils prescrits par la réglementation, je me rapproche du producteur pour partager nos analyses sur la situation et déterminer s'il y a nécessité ou pas de déclarer un événement à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Cela reste exceptionnel, les producteurs font leur travail sérieusement.

Quel est l'autre cas de figure ?

Il s'agit des producteurs non électronucléaires : hôpitaux, laboratoires, universités, etc. Pour la plupart d'entre eux, l'Andra gère la totalité du processus :



du conditionnement des déchets à la réception du colis. Nous définissons les emballages en fonction de leur contenu, nous en faisons la démonstration de sûreté, nous les expédions aux producteurs et nous assurons ensuite leur enlèvement, le transport et la livraison au Cires. Ces producteurs sont plusieurs milliers, avec des déchets très divers qui représentent pour nous quelques centaines de mètres cubes par an, un volume plus de 1 000 fois inférieur à celui généré par la filière électronucléaire.

Comment vous assurez-vous de la sécurité de la prise en charge de ces déchets ?

Quand les producteurs non électronucléaires nous contactent pour la première fois, nous les orientons vers un guide détaillant les procédures à suivre. Puis, nous leur envoyons des emballages

adaptés à leurs déchets ainsi que des instructions de conditionnement et d'étiquetage. Avant enlèvement, le conducteur mandaté par l'Andra vérifie la conformité des colis, contrôle visuellement leur étiquetage, mesure le débit de dose⁽²⁾ et s'assure de la non-contamination surfacique. Il est également responsable du chargement des colis dans le véhicule. À réception, l'Andra refait l'ensemble de ces contrôles. Nous sommes extrêmement vigilants : le transport est le seul moment où les colis de déchets radioactifs sont sur la voie publique. De multiples dispositions sont mises en œuvre pour réduire les risques.

⁽¹⁾ Le Centre de stockage de l'Aube (CSA), qui prend en charge les déchets de faible et moyenne activité principalement à vie courte, et le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires), qui prend en charge les déchets de très faible activité.
⁽²⁾ Quantité de rayonnement ionisant absorbée par unité de temps.





Des producteurs soucieux d'améliorer le transport de leurs déchets : l'exemple d'Orano

Véhicule transportant des colis de déchets radioactifs.

Conseiller Sécurité transport sur le site du Tricastin d'Orano, Olivier Plessy nous détaille tous les aspects d'un métier dans lequel le respect scrupuleux de la réglementation n'empêche pas l'imagination !

En quoi consiste votre métier ?

Le conseiller Sécurité transport (CST) de matières dangereuses est l'un des rares métiers à être défini par la réglementation. On y retrouve les tâches suivantes : examiner le respect des prescriptions relatives au transport des marchandises dangereuses, conseiller l'entreprise dans les opérations de transport... Il recherche aussi tout moyen et promeut toute action visant à faciliter l'exécution de ces

activités. En d'autres termes, il ne se contente pas de veiller à l'application de la réglementation : il doit faire preuve de créativité et rechercher constamment l'amélioration.

Avez-vous des exemples précis d'amélioration ?

En réduisant les temps de manutention, on peut améliorer la radioprotection des personnels. Sur certains emballages, nous avons ainsi substitué des clips en plastique à des boulons métalliques, ces derniers étant plus longs à poser. Ça permet de diviser par 60 la dose intégrée par l'opérateur au contact de l'emballage pour cette opération. Un autre moyen de réduire l'exposition de nos personnels est de limiter le nombre d'opérateurs. Nous allons bien au-delà des exigences réglementaires, en appliquant

le principe d'optimisation de la radioprotection : ALARA (*as low as reasonably achievable*), soit une exposition au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre.

En quoi consistent vos transports vers l'Andra ?

L'an passé, nous avons effectué 91 transports par route vers le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de l'Andra. Cela représente 145 conteneurs chargés de colis de déchets de très faible activité (TFA), conditionnés en fûts, en caissons métalliques injectables ou dans des « big-bags » en tissu plastifié, placés dans des conteneurs standardisés. 28 % des colis sont des colis exceptés, 72 % sont des colis industriels. Dans les faits, même si ce n'est pas obligatoire pour transporter des colis exceptés, tous nos transporteurs emploient des chauffeurs qui ont suivi une formation diplômante ADR⁽¹⁾ pour le transport de substances radioactives.

Comment veillez-vous à la sûreté du transport ?

Les opérations (mises en conteneur, chargement sur le véhicule, arrimage, rédaction de la documentation) sont préparées selon des procédures préétablies. C'est au responsable du lieu où s'effectue le chargement de s'assurer que le conducteur est formé, que le véhicule est adapté et qu'il est correctement affiché et signalé. Le groupe Orano dispose d'une équipe d'inspecteurs chargés de la supervision des transports, qui vérifient la documentation, le respect des procédures, l'état du matériel des transporteurs. Nous avons aussi notre propre flotte de conteneurs homologués. La sûreté du transport est avant tout assurée par les emballages, qui sont adaptés à chaque matière transportée et au mode de transport choisi, en respect de la réglementation.

Envisagez-vous d'autres modes de transport ?

En effet, nous sommes en train d'expérimenter le transport par rail pour les flux vers l'Andra. En 2023 et 2024, nous avons procédé à des premiers tests vers le Cires, avec 24 conteneurs répartis sur trois wagons. Ils montrent

que, sans être significativement plus cher que la route, le rail est un vecteur important d'économie d'émissions de CO₂. Mais ce changement nécessiterait de reconsidérer la classification des colis transportés et la logistique... Même si rien n'est acté et que la démonstration reste

en cours, je suis convaincu que la place du train va largement augmenter dans les années à venir. D'autant qu'il présente aussi des avantages en matière de sûreté, avec une moindre accidentologie.

(1) Formation encadrée par l'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR).



Transport de déchets radioactifs par train depuis le site d'Orano du Tricastin.

Quel risque pour le public ?

Lors du transport de substances radioactives sur la voie publique, toutes les précautions sont prises pour limiter les risques au maximum et garantir, à tout moment et quoi qu'il arrive, la radioprotection des personnes et de l'environnement.



Transport de matières radioactives par train.

La sûreté du transport de substances radioactives repose sur la mise en œuvre de trois niveaux de protection [voir page 9], et en particulier la robustesse des colis. Bien que leurs emballages (en métal ou en béton) varient selon la dangerosité des substances transportées, tous obéissent aux mêmes règles concernant la radioactivité de leur contenu. À savoir : quels que soient la substance et le mode de transport, par route ou voie ferrée, le

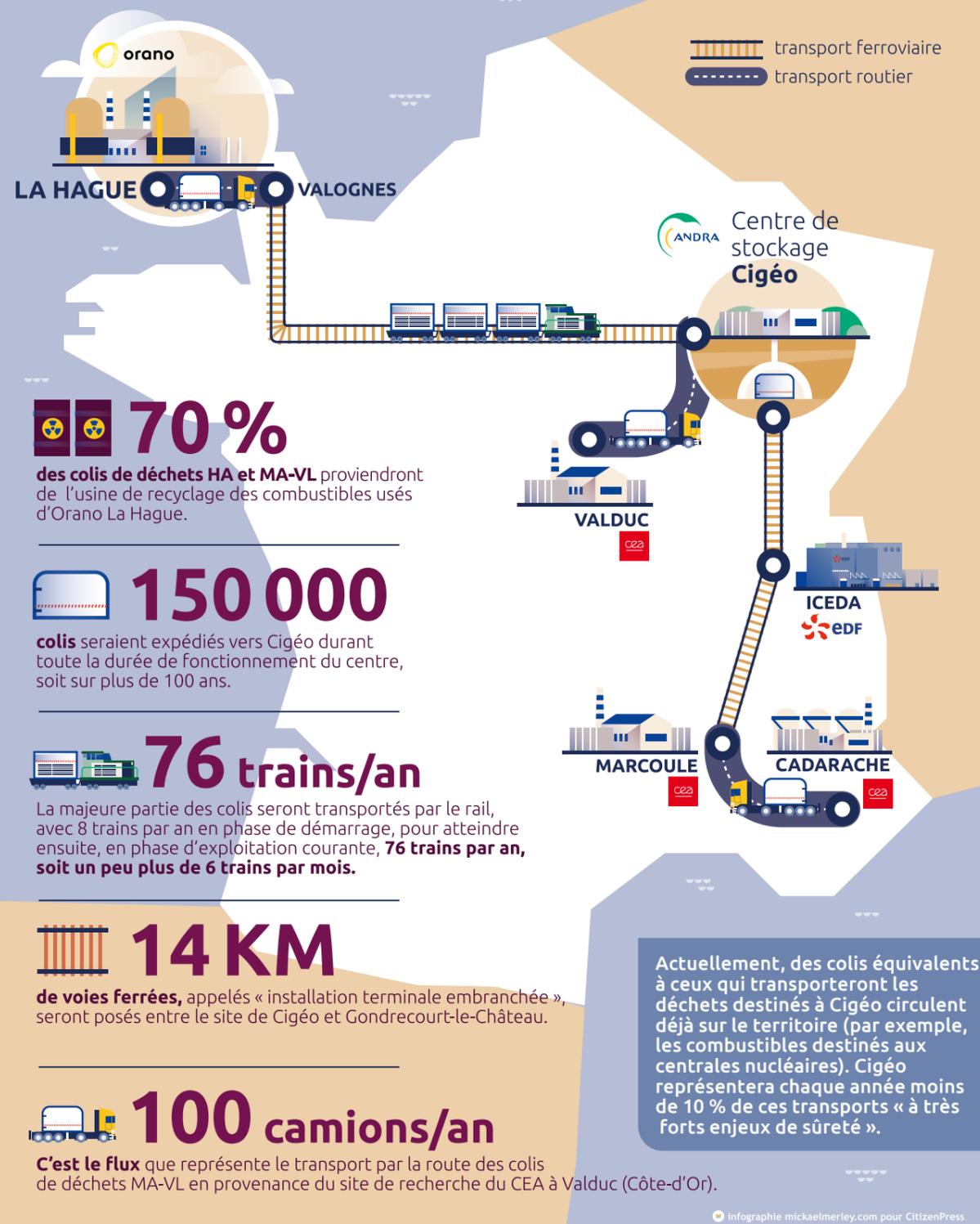
débit de dose doit être inférieur à 0,1 mSv/h à 2 mètres du véhicule ou du wagon, et ne doit pas dépasser 2 mSv/h au contact. Ainsi, pour dépasser la limite réglementaire d'exposition du public, qui est de 1 mSv par an, il faudrait rester 10 heures de suite à 2 mètres d'un véhicule transportant des substances radioactives. En cas d'incident, les riverains disposeraient donc de suffisamment de temps pour s'éloigner de la source de contamination éventuelle.



Arrivée au CSA d'un camion transportant des colis de déchets radioactifs.

Terminus : Cigéo !

Sous réserve de l'autorisation de mise en service de Cigéo, des déchets de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-VL) seront transportés, essentiellement par rail, depuis les différents sites d'entreposage. L'essentiel en quelques chiffres.



Des trains pour Cigéo

Pour transporter les colis de déchets radioactifs destinés à Cigéo, il faut préalablement raccorder le site au réseau national de chemin de fer et moderniser un tronçon de ligne. Explications.

Le débat public sur le projet Cigéo organisé en 2013 a conclu en faveur du recours au transport ferroviaire pour la desserte du centre de stockage. Pour accueillir jusqu'à 76 trains par an en phase d'exploitation, des aménagements sont nécessaires, sur les voies existantes mais aussi à l'intérieur du site.

La modernisation de la ligne SNCF 027000

Entre Nançois-Tronville et Gondrecourt-le-Château, 36 kilomètres de voies ferrées doivent être modernisés pour permettre le passage en toute sécurité des wagons transportant les colis de déchets. Cette opération facilitera aussi l'acheminement des matériaux de construction du centre de stockage. SNCF Réseau a organisé en 2021 une consultation nationale autour de ce projet, qui comprendra

notamment la réfection de la voie, le remplacement des rails, traverses et ballast, la rénovation des ouvrages d'art (ponts-routes et ponts-rails), l'installation de nouveaux systèmes de communication, la mise en place d'aiguillages motorisés en gare de Nançois-Tronville, et l'amélioration de la sécurité des passages à niveaux. L'ensemble des travaux est estimé à 120 millions d'euros, financés par l'Andra.

Une voie privée

Pour rallier la gare de Gondrecourt-le-Château à la zone « descendrière » de Cigéo où seront réceptionnés les déchets radioactifs, l'Andra compte réaliser une installation ferroviaire privée : l'installation terminale embranchée (ITE). Dotée d'une seule voie de circulation, cette ligne non électrifiée s'inscrit, pour ses 10 premiers kilomètres, sur le tracé d'une

voie désaffectée qui reliait autrefois Gondrecourt-le-Château à Joinville. Elle sera complétée par 4 kilomètres de tracé neuf. Cette ligne s'accompagnera, en amont, d'une plateforme logistique d'environ 9 hectares, implantée sur un ancien site industriel déjà utilisé par l'Andra. La définition du tracé de l'ITE, et en particulier l'impact de la voie ferrée sur la circulation et l'accès aux parcelles agricoles, a fait l'objet d'une large concertation avec les élus locaux, les services techniques et les habitants. Plus de 130 personnes ont participé aux différentes réunions et visites de terrain. Le 16 janvier 2024, l'Andra a déposé auprès de la préfecture de la Meuse un dossier d'enquête parcelle afin d'acquiescer les derniers développements de Cigéo, dont la réalisation de l'ITE.



Vue aérienne de la ligne SNCF 027000 en Meuse/Haute-Marne.

____PORTRAIT____

Roxane Calmettes, la chimiste qui comptait les rayons

Depuis douze ans, Roxane Calmettes est technicienne en mesures nucléaires au laboratoire d'analyses du Centre de stockage de l'Andra dans l'Aube. Chaque année, elle analyse des milliers d'échantillons pour détecter d'éventuelles traces de radioactivité. Une vocation découverte pendant ses études.



Roxane Calmettes

Étudiante en chimie, Roxane a choisi son métier alors qu'elle effectuait son premier stage dans le laboratoire de radioécologie⁽¹⁾ d'une université canadienne. Un stage qu'elle avait choisi par hasard... Cette expérience lui plaît tellement qu'elle décide de compléter sa formation par une licence professionnelle en chimie analytique des eaux, suivie d'un stage à la centrale nucléaire du Bugey, près de Lyon. Ce deuxième stage confirme sa vocation. Quelques mois plus tard, en février 2012, et bien loin de sa ville natale, Toulouse, Roxane Calmettes devient technicienne en mesures nucléaires au laboratoire d'analyses du Centre de stockage de l'Andra dans l'Aube (CSA). Ce dernier réalise la quasi-totalité des analyses radiologiques du CSA, mais aussi du Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) voisin et du Centre de stockage de l'Andra dans la Manche.

Filtrés, broyés, calcinés...

Chaque jour, Roxane réceptionne et analyse des échantillons d'eau, de terre, de sédiments ou encore de végétaux prélevés dans l'environnement autour et à l'intérieur des sites. « Je les prépare selon les types de mesures à effectuer, explique-t-elle : scintillation liquide⁽²⁾ pour traquer d'éventuelles traces de tritium et/ou de carbone 14, comptage des particules alpha ou bêta⁽³⁾, spectrométrie gamma ou alpha⁽⁴⁾... » Les liquides sont donc filtrés et évaporés, les solides séchés, broyés, tamisés et parfois calcinés à plusieurs centaines de degrés. Après leur analyse, Roxane rédige les rapports et transmet les données sur le site du Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement⁽⁵⁾. Toute valeur anormale donne bien sûr lieu à vérification immédiate et à action corrective si nécessaire.

« Ce que j'aime dans mon métier : suivre le circuit de traitement des échantillons de A à Z. »

40 000 analyses

Ce qu'elle aime le plus dans son métier ? « La polyvalence. Nous sommes une petite équipe de huit personnes, nous suivons donc le circuit de traitement de nos échantillons de A à Z : nous passons la moitié du temps à manipuler devant la paillasse, l'autre devant l'ordinateur. Dans les plus grandes structures, la règle est plutôt à la spécialisation ! » 11 000 prélèvements soumis à 40 000 analyses passent quand même chaque année ici, suivant des plans de surveillance rigoureux. Un souhait pour l'avenir ? « Pour que la boucle soit complète, j'aimerais que nous réalisions nous-mêmes une partie de ces prélèvements, confiés pour l'instant à un sous-traitant. Un jour peut-être... » conclut Roxane, très motivée par son métier et ne comptant pas en changer de sitôt.

(1) La radioécologie vise à détecter la présence de radionucléides dans l'environnement, à rechercher leurs origines et à comprendre leurs processus de transfert et de concentration dans les écosystèmes.
 (2) Technique de mesure de la radioactivité reposant sur la détection d'un rayonnement lumineux émis par un liquide scintillant.
 (3) Les rayonnements ionisants peuvent être de quatre types : alpha, bêta, gamma et X.
 (4) La spectrométrie gamma ou alpha permet d'identifier certains éléments radioactifs en mesurant l'énergie des rayonnements gamma ou des particules alpha qu'ils émettent.
 (5) mesure-radioactivite.fr



Pour découvrir le portrait vidéo de Roxane Calmettes : <https://lc.cx/bla016>



« Dans le cas du projet Acaci, le travail d'information mené par l'Andra avait été abondant, ce qui a facilité le travail d'enquête. »

Yves Vaillant : le commissaire mène l'enquête !

À la suite du dépôt par l'Andra d'une demande d'autorisation environnementale pour le projet Acaci⁽¹⁾, une enquête publique s'est déroulée en mars et avril 2024. Elle était conduite par un commissaire enquêteur : Yves Vaillant. Zoom sur cette fonction pas comme les autres...

Quel est le rôle d'un commissaire enquêteur ?

L'enquête publique est une forme de participation du public dans le cadre d'un projet ayant une incidence sur l'environnement. À ce titre, la première mission du commissaire enquêteur est de s'assurer que le public soit bien informé du projet à travers différents médias (journaux, affichage dans les mairies, etc.) et qu'il en ait une connaissance détaillée. Il doit également être à l'écoute du public, noter les remarques, répondre aux questions ou tenir des permanences. Il est aussi en contact avec les différentes parties prenantes : associations, élus, riverains, etc. Une fois cette phase achevée, le travail de rédaction commence. Le commissaire enquêteur reprend le déroulé de l'enquête, compile les remarques et les contributions de chacun, puis conclut sur un avis réservé, favorable ou défavorable.

Comment devient-on commissaire enquêteur ?

Toute personne peut devenir commissaire enquêteur, il suffit d'en

avoir envie ! Il faut envoyer une lettre de motivation à la préfecture et, si le dossier est validé, on passe devant une commission pilotée par le président du tribunal administratif. Si l'on est retenu, on rejoint une liste d'aptitude départementale de son lieu de domicile, révisée chaque année. Les dossiers qui nous sont confiés sont divers : ils peuvent aussi bien porter sur des plans locaux d'urbanisme (PLU) que sur des déclarations d'utilité publique (DUP) ou encore des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) telles que les éoliennes, les équipements photovoltaïques ou... le projet Acaci !

À titre personnel, pourquoi êtes-vous devenu commissaire enquêteur ?

Après trente-huit ans de gendarmerie, je voulais continuer à servir l'intérêt général, à demeurer utile pour la société, à rester au contact de la population. Je suis commissaire enquêteur depuis quatorze ans, avec une moyenne de deux dossiers par an.

BIO EXPRESS

Né en 1954
 De 1974 à 2011 : carrière dans la gendarmerie, départ à la retraite en tant que chef d'escadron.
 Depuis 2010 : commissaire enquêteur
 Depuis 2014 : élu maire de Bay-sur-Aube en Haute-Marne, réélu en 2020

Comment vous préparez-vous ?

Les commissaires enquêteurs ne sont pas experts dans tous les domaines, mais ils doivent s'y intéresser. Nous suivons ainsi des formations, réalisons des recherches et devons étudier avec grand soin les dossiers qui nous sont confiés en amont des enquêtes. Et ce dans un souci permanent d'indépendance et de neutralité. À titre d'exemple, je dépends de la liste de la Haute-Marne et j'ai été désigné pour cette enquête dans l'Aube, certainement au regard de mon « extériorité » sur un sujet susceptible d'être sensible localement. ●

(1) Projet d'augmentation de la capacité autorisée du Cires, le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Andra.



Pour aller plus loin, écouter le replay d'une interview sur Troyes Aube Radio : <https://lc.cx/FQQRUY>



L'intelligence artificielle au service du contrôle de la roche autour des ouvrages de stockage de Cigéo

Dans son Laboratoire souterrain en Meuse/Haute-Marne, l'Andra évalue l'intérêt de l'intelligence artificielle pour contrôler l'état de la roche autour des démonstrateurs d'ouvrages de stockage, après leur creusement.

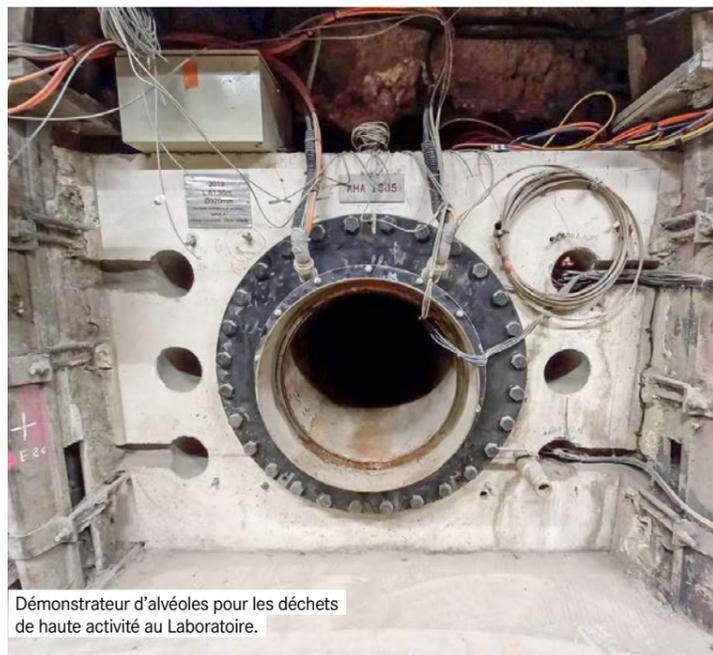
Le Laboratoire de recherche souterrain permet aux scientifiques de l'Andra d'étudier la roche du Callovo-Oxfordien⁽¹⁾, les concepts de stockage, et de tester différents moyens de contrôle et de suivi des ouvrages souterrains. L'un des essais consiste à visualiser l'endommagement de la roche provoqué par le creusement de ces ouvrages. On utilise pour cela des contrôles dits « non destructifs », car ils offrent la possibilité de vérifier l'état de la roche sans faire de prélèvement ni l'endommager.

La révolution IA

La méthode consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes sismiques dans la roche à l'aide d'émetteurs/récepteurs. Après traitement des données, une image de la zone est reconstituée. Mais ce processus peut être long et implique une bonne connaissance de ce type de données. L'utilisation d'outils d'intelligence artificielle (IA) permet d'accélérer le traitement. Le projet ARDNA (AI Research on Data for Nuclear Application), dont l'Andra est partenaire, en fait la démonstration.

Comme une échographie

« La première étape du projet a été d'entraîner des algorithmes avec un grand volume de données, explique Julien Cotton, chef du service Chaîne de données et Digital de l'Andra. L'objectif était d'apprendre à ces algorithmes à associer les vitesses de propagation des ondes sismiques à des images du milieu étudié. Pour cela, l'équipe a utilisé l'apprentissage profond⁽²⁾ sur des supercalculateurs, notamment ceux du Grand Équipement national de calcul intensif (GENCI)⁽³⁾. Cela a permis



Démonstrateur d'alvéoles pour les déchets de haute activité au Laboratoire.

d'automatiser l'interprétation des données. »

Bilan : des résultats équivalents aux méthodes de traitement standards... en moins d'une seconde au lieu de quelques semaines à plusieurs mois ! « On obtient instantanément une connaissance précise de la zone étudiée, un peu comme avec une échographie », résume Julien Cotton. Le projet continue, puisqu'il faut à présent le valider avec des données réelles. Grâce à ce projet innovant, l'Andra pourrait disposer d'un nouvel outil opérationnel pour le contrôle des ouvrages de Cigéo. ●

UN PROJET SOUTENU PAR FRANCE RELANCE

Le projet ARDNA est l'un des 95 lauréats de l'appel à projets lancé par l'État pour la modernisation de la filière nucléaire dans le cadre du plan France Relance. Il associe l'Andra à la société de Data Science Aquila Data Enabler, pilote du projet, et à SpotLight, une start-up DeepTech spécialisée dans l'analyse de données sismiques.



(1) Couche argileuse âgée de 160 millions d'années faisant partie du bassin sédimentaire parisien. D'une épaisseur de 140 à 160 mètres, elle est située à environ 500 mètres de profondeur sur le site d'accueil choisi pour Cigéo en Meuse/Haute Marne.

(2) Apprentissage profond ou deep learning : méthode d'IA utilisant un réseau de neurones artificiels pour résoudre des tâches complexes.

(3) GENCI est une infrastructure de recherche qui a pour mission de favoriser l'usage du calcul intensif associé à l'intelligence artificielle au bénéfice des communautés académiques et industrielles dans le cadre de la recherche ouverte.

Hongrie, l'expérience du stockage géologique

La Hongrie a choisi le stockage géologique pour ses déchets radioactifs de faible et moyenne activité. Cette expérience, enrichie par sa collaboration avec l'Andra, nourrit à présent son projet de stockage en grande profondeur de ses déchets de haute activité.



Investigation géologique pour le projet de stockage profond des déchets les plus radioactifs.

L'unique centrale nucléaire hongroise, implantée à Paks, au sud de Budapest, couvre un tiers des besoins en électricité du pays. Cette activité nucléaire implique de gérer durablement les déchets radioactifs qui en sont issus. Depuis 1998, cette tâche revient à un organisme public, Public Limited Company for Radioactive Waste Management (PURAM), placé sous le contrôle d'une autorité indépendante, la Hungarian Atomic Energy Authority (HAEA).

Des installations complémentaires

La gestion des déchets radioactifs hongrois repose sur quatre infrastructures complémentaires, dont trois fonctionnent déjà. Les déchets de faible et moyenne activité (FMA) provenant de l'industrie, de la recherche ou de la médecine sont pris en charge dans le site de surface Radioactive Waste Treatment and Disposal Facility (RWTDF), à Püspöckszilágy et

Kisnémedi, au nord du pays. En service depuis 1976, sa capacité totale de stockage est de 5040 m³.

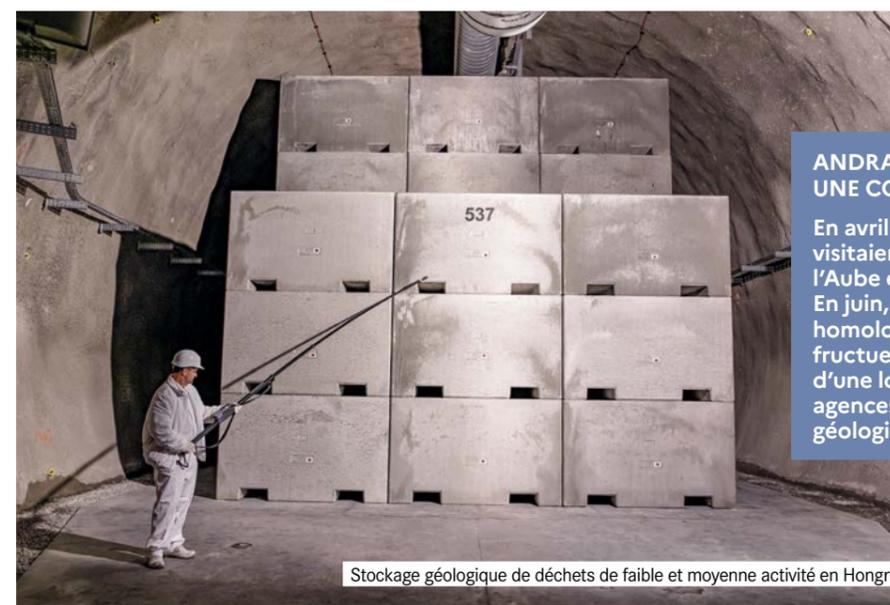
Les déchets FMA issus de la production électronucléaire (déchets de fonctionnement) sont stockés quant à eux dans le site National Radioactive Waste Repository (NRWR) de Bataapáti, (à proximité de la centrale de Paks), à une profondeur de 250 mètres. La Hongrie fait en effet partie des rares pays qui exploitent un centre de stockage en profondeur pour les déchets FMA. Construit en 2012, le site a une capacité actuelle de 20 000 m³. À terme, il accueillera également les déchets de démantèlement des installations nucléaires.

Enfin, le combustible nucléaire usé de la centrale de Paks est entreposé

provisoirement sur place, dans un site appelé Spent Fuel Interim Storage Facility (SFISF), dans l'attente d'une solution de gestion définitive : le stockage géologique profond.

Vers le stockage géologique pour les déchets HA

Car la Hongrie a également choisi le stockage géologique pour ses déchets les plus radioactifs. Les études ont été lancées dès 1993 dans le Mecsek, un massif situé à quelques dizaines de kilomètres au sud-ouest de la centrale du pays, où la roche argileuse en profondeur serait susceptible d'accueillir le stockage. Un laboratoire de recherche souterrain devrait être construit à partir de 2032. La réalisation des installations de stockage est prévue à compter de 2065, pour une entrée en service une dizaine d'années plus tard. ●



Stockage géologique de déchets de faible et moyenne activité en Hongrie.

ANDRA/PURAM : UNE COLLABORATION HISTORIQUE

En avril dernier, sept ingénieurs de PURAM visitaient les installations de l'Andra dans l'Aube et en Meuse/Haute-Marne. En juin, PURAM recevait à son tour ses homologues français. Des échanges fructueux qui s'inscrivent dans le cadre d'une longue relation entre les deux agences, notamment sur le stockage géologique des déchets radioactifs.



Lire l'article complet : <https://lc.cx/mTJIUA>



Tout comprendre des déchets de faible et moyenne activité à vie courte

Les déchets radioactifs de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) représentent aujourd'hui le volume le plus important des déchets radioactifs produits en France et sont destinés à être stockés en surface par l'Andra dans son Centre de stockage de l'Aube (CSA). D'où viennent-ils ? Que contiennent-ils ? Comment sont-ils pris en charge ? Tout savoir en six questions...



Un scanner aux rayons X permet de contrôler le contenu des colis de déchets.

1 / QUE SONT LES DÉCHETS FMA-VC ?

Les déchets FMA-VC sont principalement des déchets issus du fonctionnement et de la maintenance des installations nucléaires : vêtements de protection, outils, pièces de matériel obsolètes, filtres, etc. Dans une moindre mesure, des déchets FMA-VC peuvent également être produits par des installations utilisant les propriétés de la radioactivité, comme les hôpitaux ou des laboratoires de recherche universitaires.

Selon l'*Inventaire national des matières et déchets radioactifs 2023*, en France, les déchets FMA-VC représentent 55,7 % du volume total des déchets radioactifs déjà stockés ou destinés à l'être et concentrent 0,12 % de leur radioactivité.

QU'EST-CE QU'UN DÉCHET À VIE COURTE ?

Les déchets FMA-VC sont constitués majoritairement de radioéléments à vie courte, c'est-à-dire d'une période radioactive ou « demi-vie » inférieure à 31 ans. Ainsi, l'activité radiologique présente au CSA aujourd'hui provient très majoritairement de radioéléments à vie courte. Pour autant, le CSA est également autorisé à stocker des radioéléments à vie longue dont les niveaux d'activité sont strictement encadrés par les prescriptions émises par l'Autorité de sûreté nucléaire. Il s'agit de limites de capacités autorisées qui découlent de la démonstration de sûreté du site. Celle-ci permet de démontrer que, dans le respect de ces limites, la présence de ces radioéléments à vie longue n'aurait qu'un impact très faible pour l'environnement et les êtres humains.

2 / À QUELLE CONDITION LES DÉCHETS RADIOACTIFS SONT-ILS PRIS EN CHARGE PAR L'ANDRA ?

En France, les déchets FMA-VC font l'objet d'un stockage en surface. Le Centre de stockage de l'Andra dans la Manche (CSM), aujourd'hui en phase de fermeture, a réceptionné ces déchets jusqu'en 1994. Depuis 1992, ils sont stockés au Centre de stockage de l'Aube (CSA).

Avant que les colis de déchets radioactifs ne soient acceptés au CSA, les producteurs doivent au préalable apporter les preuves du respect des spécifications et des exigences de l'Andra : connaissances et mesures des éléments radiologiques ainsi que des toxiques-chimiques, attendus et performances des colis contenant les déchets, etc. L'Andra peut réaliser des audits ou des inspections chez les producteurs de déchets (vérification des exigences, conseils, mesures correctives si nécessaire) afin de s'assurer de la qualité des colis.

À l'arrivée des déchets sur le centre, l'Andra réalise des contrôles administratifs et radiologiques systématiques sur les véhicules et les colis afin de s'assurer de la conformité des déclarations des producteurs et du respect du niveau de radioactivité acceptable sur le centre. Des investigations plus poussées sont réalisées sur un certain nombre de colis : scanner aux rayons X, mesures de dégazage pour détecter les éventuels flux de gaz tritium et de carbone 14 émanant des colis, découpe du colis pour prélèvement de déchets ou carottage...



Compactage de déchets sous presse pour optimiser leur stockage.

3 / COMMENT SONT-ILS PRÉPARÉS AVANT LEUR PRISE EN CHARGE PAR L'ANDRA ?

Afin d'être stockés, les déchets FMA-VC sont placés dans un conteneur en métal ou en béton, puis enrobés avec du béton afin de confiner la radioactivité à l'intérieur du colis. Chaque colis de déchets FMA-VC est ainsi composé de 15 % à 20 % de déchets radioactifs et de 80 % à 85 % de matériau d'enrobage (mortier).

Des étapes de traitement peuvent également être mises en œuvre, notamment pour réduire les volumes ou la toxicité de certains déchets radioactifs, mais également pour s'assurer que le déchet soit adapté à un stockage à long terme. Elles peuvent être réalisées au sein d'installations industrielles dédiées, comme à Centraco, dans le Gard [voir encadré], ou directement par l'Andra. Au Centre de stockage de l'Aube, une fois les contrôles effectués, certains colis peuvent ainsi être traités et reconditionnés sur place. C'est le cas de certains fûts métalliques qui sont compactés pour en réduire le volume, avant d'être immobilisés avec du mortier dans un nouveau conteneur en métal. L'Andra peut également injecter ce matériau dans des caissons métalliques de 5 m³ et 10 m³ contenant des déchets volumineux.



Les déchets solides incinérables sont livrés à Centraco dans des fûts en plastique.

UNE USINE DÉDIÉE POUR TRAITER LES DÉCHETS RADIOACTIFS

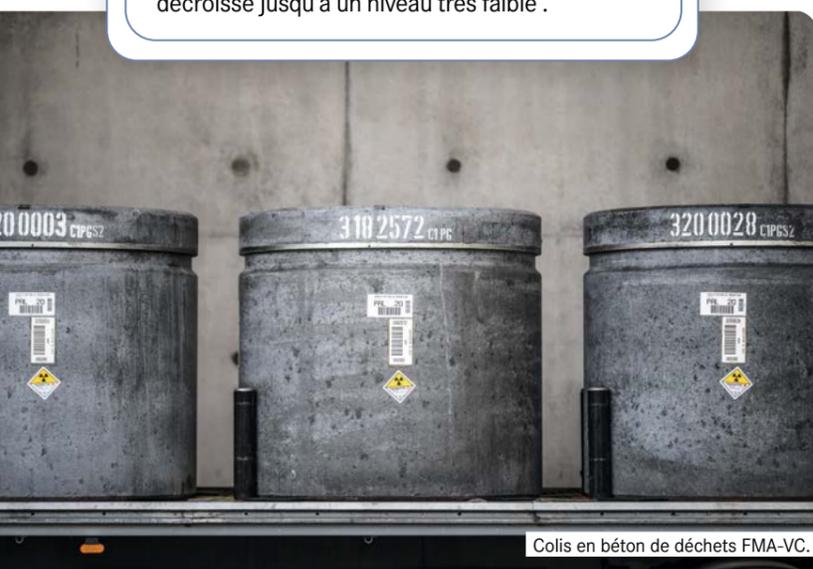
Dans le Gard, l'usine Centraco – pour « centre de traitement et de conditionnement » – joue un rôle essentiel pour traiter les déchets FMA-VC, mais également les déchets de très faible activité (TFA). L'installation dispose d'un four à induction pour la fusion de déchets métalliques et d'un four statique d'incinération pour traiter les déchets solides et liquides incinérables. Objectif : réduire les volumes de déchets radioactifs pour préserver les capacités de stockage.

En savoir plus : <https://lc.cx/UiIbxa>



4 / COMMENT SONT-ILS STOCKÉS PAR L'ANDRA ?

Au Centre de stockage de l'Aube, les colis sont stockés dans des ouvrages en béton armé de 25 mètres de côté et de 8 mètres de hauteur. Une fois remplis de colis de déchets, les ouvrages sont fermés par une dalle de béton ferrailé. L'étanchéité du stockage est assurée par une couche plastique imperméable projetée sur les murs extérieurs des ouvrages. À l'issue de la phase d'exploitation du CSA, les ouvrages seront protégés des agressions extérieures par une couverture définitive, composée notamment d'argile. Grâce à cet ensemble de barrières (colis, ouvrages, milieu géologique), le confinement est assuré le temps nécessaire pour que la radioactivité contenue dans les déchets décroisse jusqu'à un niveau très faible.



Colis en béton de déchets FMA-VC.



Stockage d'un couvercle de cuve.

TRAITEMENT SPÉCIAL « GRANDES TAILLES »

Certains déchets radioactifs issus d'installations nucléaires et acheminés au CSA peuvent être de grande dimension. Après leur décontamination éventuelle, leurs caractéristiques radiologiques sont identiques aux autres déchets, plus petits, stockés sur le centre. Mais leurs dimensions nécessitent parfois quelques aménagements pour leur prise en charge : l'injection de mortier directement en ouvrage de stockage, par exemple. Cela concerne notamment le télémanipulateur Atena (8,25 mètres de long et 42 tonnes), les couvercles de cuve des réacteurs (jusqu'à 5,7 mètres de diamètre pour une centaine de tonnes) ou les protections neutroniques latérales (4 mètres de long, jusqu'à 2 mètres de large, et 420 kilogrammes pour les colis qui les contiennent) utilisées dans les centrales nucléaires.

6 / ET AILLEURS DANS LE MONDE ?

Dans la grande majorité des cas, les déchets FMA-VC sont stockés en surface : Afrique du Sud, Espagne, Chine, Royaume-Uni, Japon, etc. Certains pays s'appuient d'ailleurs sur le modèle du Centre de stockage de l'Aube, à l'image de la construction de la deuxième tranche de stockage en surface du centre de stockage de Corée du Sud.

Quelques pays ont fait le choix d'un stockage plus ou moins profond. C'est le cas en Finlande et en Suède, jusqu'à une centaine de mètres, ou encore en Hongrie [voir page 21], qui accueille les déchets de faible et moyenne activité issus de la centrale nucléaire du pays dans une installation à 250 mètres de profondeur.



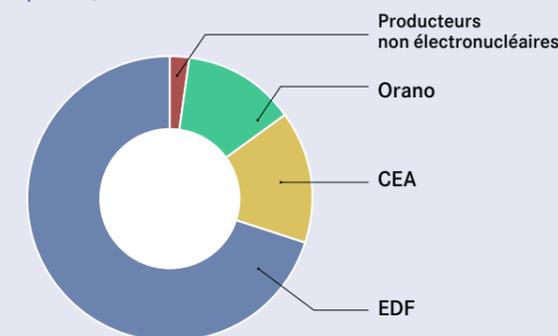
Pour en savoir plus : <https://lc.cx/MBcGO->



Les colis de déchets sont stockés dans des ouvrages en béton.

LA PROVENANCE DES COLIS DE DÉCHETS RADIOACTIFS

En 2023, le volume de colis de déchets reçus par le Centre de stockage de l'Aube provenait d'installations d'EDF pour 71,5 %, du CEA pour 15,6 %, d'Orano pour 12,3 % et de producteurs non électronucléaires pour 0,6 %.



Vue aérienne du Centre de stockage de l'Aube.

UNE SURVEILLANCE DURANT AU MOINS TROIS CENTS ANS

Les déchets FMA-VC stockés en surface continueront d'être surveillés même après la fermeture de leur centre de stockage, et ce pendant le temps nécessaire à la décroissance de leur radioactivité jusqu'à un niveau très faible. Ce niveau est atteint en trois cents ans environ. C'est pourquoi l'ASN demande à l'Andra d'assurer la surveillance de ces centres de surface *a minima* sur cette période.

5 / COMBIEN DE DÉCHETS FMA-VC SONT STOCKÉS EN FRANCE ?

Environ 527 000 m³ de déchets ont été stockés au Centre de stockage de la Manche entre 1969 et 1994. Le Centre de stockage de l'Aube, quant à lui, a l'autorisation de stocker jusqu'à 1 million de m³ de colis de déchets radioactifs. À fin 2023, environ 37,9 % de cette capacité étaient atteints (378 579 m³).

Sur la base des estimations des volumes de déchets FMA-VC à venir produits par les installations nucléaires aujourd'hui en exploitation, la capacité totale du CSA devrait être atteinte aux alentours de 2060. Par ailleurs, l'Andra a estimé l'impact du déploiement

annoncé de six nouveaux réacteurs de type EPR2 sur la gestion des déchets radioactifs. Cela représenterait 98 400 m³ de déchets FMA-VC supplémentaires, soit une augmentation d'environ 5 % par rapport aux inventaires prospectifs réalisés par l'Andra* pour cette catégorie de déchets dans le cadre de l'édition 2023 de l'*Inventaire national*. La prise en charge des déchets FMA-VC issus de ces réacteurs n'impacterait donc que peu le CSA et n'avancerait que de quelques mois l'atteinte de la capacité de stockage autorisée.

* Fonctionnement de soixante ans des réacteurs actuels, hors fermeture de 12 réacteurs entre 2027 et 2035 (programmation pluriannuelle de l'énergie 2019-2018).

#ON VOUS RÉPOND

D'où vient la classification des déchets radioactifs ?

La classification française actuelle des déchets radioactifs en six catégories remonte au début des années 2000. Cette structuration permet de clarifier l'orientation des différentes catégories de déchets vers la filière de gestion – existante ou en projet – la plus adaptée à leur dangerosité et à leur durée de vie. Cette classification a par exemple entériné la création d'une

nouvelle catégorie de déchets : celle de très faible activité (TFA). Il existait auparavant une autre classification plus restreinte, et qui continue d'être appliquée par d'autres pays. En effet, chaque pays adapte sa classification à la nature et au volume des déchets qu'il a à gérer. Cela n'exclut pas l'apparition de nouvelles filières nécessitant de distinguer

différemment ou plus finement certains déchets radioactifs, conduisant ainsi à de potentielles évolutions de cette classification. L'objectif, lui, restera celui inscrit dans la législation française : assurer la mise en sécurité définitive des déchets radioactifs afin de prévenir ou de limiter les charges qui seront supportées par les générations futures.

Période radioactivité*	VIE TRÈS COURTE (VTC) < 100 jours	PRINCIPALEMENT VIE COURTE (VC) ≤ 31 ans	PRINCIPALEMENT VIE LONGUE (VL) ≥ 31 ans
TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ (TFA)	VTC Gestion par décroissance radioactive	TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	FA-VL Mode de gestion à l'étude
FAIBLE ACTIVITÉ (FA)		FMA-VC Stockage de surface (centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	MA-VL Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)
MOYENNE ACTIVITÉ (MA)			
HAUTE ACTIVITÉ (HA)	Non applicable	HA Stockage géologique profond à l'étude (projet Cigéo)	

* Période radioactive des éléments radioactifs (radionucléides) contenus dans les déchets.

** Niveau d'activité des déchets radioactifs.

Un déchet peut parfois être classé dans une catégorie définie mais être géré dans une autre filière de gestion du fait d'autres caractéristiques (par exemple, sa composition chimique ou ses propriétés physiques).

Référence de la classification : arrêté du 9 octobre 2008 relatif à la nature des informations que les responsables d'activités nucléaires et les entreprises mentionnées à l'article L. 1333-10 du Code de la santé publique ont obligation d'établir, de tenir à jour et de transmettre périodiquement à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.

#ILS SONT VENUS NOUS VOIR



Les étudiants apprentis du BUT⁽¹⁾ Hygiène, Sécurité, Environnement (cursus Radioprotection et Sûreté nucléaire) de l'Institut universitaire de technologie d'Aix-Marseille ont visité les centres de l'Andra dans l'Aube et en Meuse/Haute-Marne.

« Ces visites ponctuent deux ans de formation dans la prévention des risques professionnels en milieu nucléaire, souligne Franck Falco, responsable de la formation. Elles valent mieux que des dizaines d'heures passées en classe, car les étudiants peuvent se rendre compte des échelles de temps des procédés, ainsi que du dimensionnement des ouvrages. Habités à évoluer sur des sites nucléaires plus classiques comme les CNPE⁽²⁾ ou les usines du cycle du combustible, ils ont dorénavant une vision plus globale de la façon dont les déchets qu'ils traitent sur leurs installations respectives sont gérés. Ils ont apprécié à chaque visite l'équilibre entre les explications données en salle et les observations de terrain. »

(1) Bachelor universitaire de technologie, diplôme national de niveau bac +3.
(2) Centres nucléaires de production d'électricité.



Vous aussi, vous souhaitez mieux comprendre la gestion des déchets radioactifs ?
Contactez le service communication au 03 25 92 33 04 ou par mail à comm-centresaube@andra.fr



PHOTOMYSTÈRE

Où se trouve cette personne ?

Cette personne est au Cires, sur la couverture définitive qui recouvre les 15 premières alvéoles de stockage de déchets de très faible activité.



Plus d'infos sur : <https://lc.cx/wNoB11>





RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Les sites de l'Andra se visitent toute l'année !

Il suffit juste de nous contacter :
03 25 92 33 04
comm-centreaube@andra.fr

