

La gestion des déchets radioactifs en France et dans le monde

Par Pierre-Marie ABADIE

Andra

L'utilisation des propriétés de la radioactivité dans de nombreux secteurs engendre des déchets radioactifs qui représentent des risques pour l'homme et l'environnement. Ces déchets doivent être gérés en fonction de leur niveau de radioactivité et de leur durée de vie.

Le stockage des déchets radioactifs à vie courte, qui représentent plus de 90 % des volumes de déchets français mais une faible part de la radioactivité totale, est réalisé dans des centres de surface.

En ce qui concerne les déchets à vie longue, des projets sont en cours d'étude ou de conception. Ainsi, pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue, l'Andra est en charge du projet Cigéo, le centre de stockage géologique profond dans une roche aux propriétés remarquables pour permettre d'isoler ces déchets sur le très long terme. La France n'est pas le seul pays à avoir fait ce choix, le stockage géologique étant considéré comme la solution de référence au plan international.

En France, la gestion des déchets radioactifs a été confiée à l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Établissement public créé en 1991, l'Andra est indépendante des producteurs et est placée sous la tutelle des ministres chargés de l'Énergie, de la Recherche et de l'Environnement.

L'Andra remplit une mission d'intérêt général – confiée par l'État – de prise en charge des déchets radioactifs produits par les générations passées et présentes pour les mettre en sécurité pour les générations futures. L'Andra s'appuie sur trois métiers : la recherche et le développement, la conception de projets de stockage et l'exploitation de sites industriels.

Les déchets radioactifs

Qu'est-ce qu'un déchet radioactif ?

Les déchets radioactifs sont des substances radioactives qui, ne pouvant être réutilisées ou retraitées, doivent être gérées de manière spécifique. Ils sont de natures très diverses et peuvent provenir de la maintenance et du fonctionnement des installations nucléaires, de leur démantèlement, du retraitement du combustible usé des centrales nucléaires, de l'assainissement d'anciens sites pollués par la radioactivité, d'activités de recherche, de processus industriels ou d'examen et de soins médicaux.

Considérant les risques qu'ils représentent, la France a, comme de nombreux autres pays, fait le choix de les stocker dans des installations industrielles adaptées. L'objectif est de les isoler le temps que leur radioactivité ait suffisamment diminué pour qu'ils ne présentent plus de risques radiologiques.

En France, plus de la moitié des déchets radioactifs, en volume, provient de l'industrie électronucléaire. Toutefois, la recherche, la médecine, la Défense nationale ou encore l'industrie classique utilisent elles aussi régulièrement des substances radioactives.

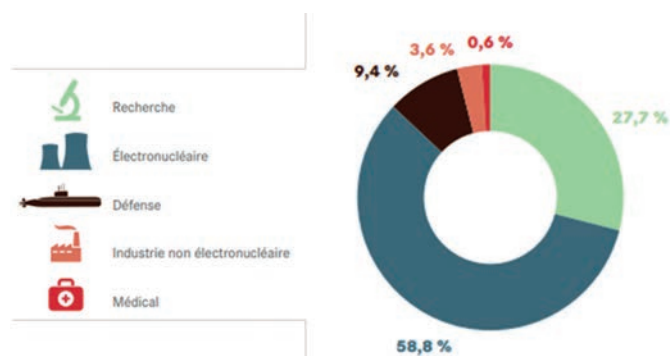


Figure 1 : Les principaux secteurs producteurs de déchets radioactifs.

Aujourd'hui, 90 % du volume des déchets radioactifs produits en France sont déjà pris en charge dans des centres de stockage de surface gérés par l'Andra. Pour les autres déchets, des projets sont à l'étude ou en développement (projet FA-VL, projet Cigéo).

Les différentes catégories de déchets radioactifs et leurs modes de gestion

En France, la classification des déchets radioactifs (voir la Figure 2 de la page suivante) repose principalement sur deux paramètres : le niveau de radioactivité et la période radioactive des radionucléides présents dans le déchet.

Catégorie	Déchets dits à vie très courte	Déchets dits à vie courte	Déchets dits à vie longue
Très faible activité (TFA)	VTC Gestion par décroissance radioactive	TFA Stockage de surface (Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage)	
Faible activité (FA)		FMA-VC Stockage de surface (Centres de stockage de l'Aube et de la Manche)	FA-VL Stockage à faible profondeur à l'étude
Moyenne activité (MA)			MA-VL Stockage profond en projet
Haute activité (HA)	Non applicable		HA

Figure 2.
Source : Inventaire national des matières et déchets radioactifs - Éditions 2018.

Compte tenu de leurs caractéristiques propres, la prise en charge de chaque type de déchets nécessite la mise en œuvre de moyens de gestion appropriés à sa dangerosité, à ses volumes et à sa durée de vie (voir la Figure 3 ci-dessous).

Les centres de stockage de surface

La sûreté du stockage en surface repose sur trois éléments : les colis qui contiennent les déchets, les ouvrages de stockage dans lesquels sont placés les colis et la géologie du site qui constitue une barrière naturelle à long terme.

Les déchets de très faible activité (TFA), essentiellement issus du fonctionnement et du démantèlement des installations nucléaires mais aussi d'industries non nucléaires utilisant les propriétés de la radioactivité (chimie, métallurgie, etc.), sont pris en charge, depuis 2003, par le Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) situé dans l'Aube. Le Cires reçoit près de 24 000 m³ de déchets par an.

Les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC), issus de la maintenance (vêtements, outils, filtres, etc.) et du fonctionnement d'installations nucléaires

et des activités de recherche ou de soins (laboratoires et hôpitaux) étaient, de 1969 à 1994, pris en charge par le Centre de stockage de la Manche (CSM). Depuis 1992, ils sont stockés dans le Centre de stockage de l'Aube (CSA). Le CSA réceptionne près de 10 000 m³ de déchets par an.

Les projets de stockages souterrains

La gestion des déchets de faible activité à vie longue (FA-VL), qui recouvre essentiellement les déchets dits radifères qui proviennent d'activités industrielles non nucléaires et les déchets graphites issus des centrales nucléaires de première génération, fait l'objet d'études. Ces déchets ne peuvent pas être stockés en surface en raison de leur durée de vie longue, sans que leur niveau de dangerosité ne justifie un stockage géologique profond. Une solution de stockage adaptée et proportionnée aux enjeux de sûreté doit donc être développée.

Pour les déchets de haute activité et moyenne activité à vie longue (HA et MA-VL), issus principalement de l'industrie électronucléaire, des activités de retraitement du combustible usé et de la recherche, l'Andra conçoit le projet Cigéo, le Centre de stockage géologique.

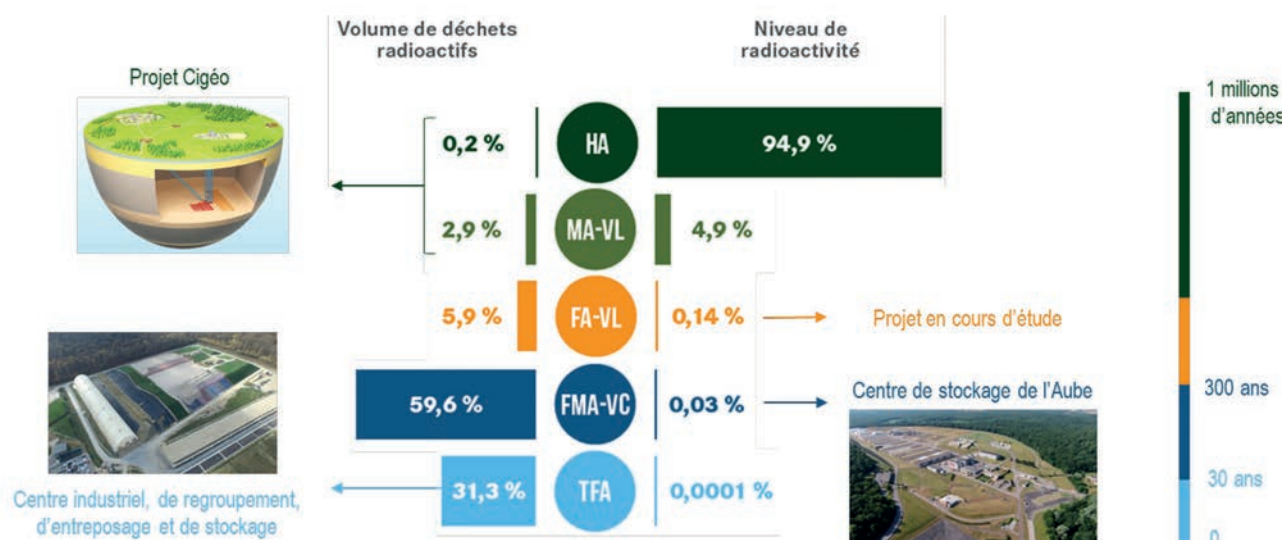


Figure 3.

Le projet Cigéo, le centre de stockage en couche géologique

Histoire du projet

La loi de 1991 a fixé trois voies de recherche pour assurer la gestion des déchets radioactifs HA et MA-VL : le stockage géologique (Andra), l'entreposage (CEA) et la séparation/transmutation (CEA). Après quinze années de recherches, les résultats ont été présentés lors du débat public de 2005 et ont fait l'objet d'un avis⁽¹⁾ de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), en 2006, qui a conclu que :

- La faisabilité technologique de la séparation/transmutation n'était pas acquise.
- L'entreposage de longue durée ne pouvait constituer une solution de gestion définitive pour la gestion des déchets HA et MA-VL.
- Le stockage en couche géologique profonde apparaissait comme une solution de gestion définitive incontournable, à même de garantir la sûreté passive sur le très long terme. D'ailleurs, la sûreté qu'offre le projet Cigéo repose en grande partie sur la couche géologique. L'argile du Callovo-Oxfordien est stable depuis 160 millions d'années et a des propriétés de confinement qui permettent de freiner le déplacement des radionucléides jusqu'à la surface.

C'est donc sur cette base qu'en 2006, le Parlement a fait le choix du stockage souterrain comme solution de référence pour gérer sur le long terme les déchets HA et MA-VL. Il a confié à l'Andra la conception d'un centre de stockage en Meuse/Haute-Marne. Ce choix, au-delà d'être technique, est également éthique et politique. En effet, il s'agit de s'appuyer sur la stabilité de la géologie et de ne pas reporter la charge de la gestion des déchets produits par les générations passées et présentes sur les générations à venir.

À l'issue de la démonstration de faisabilité, l'Andra a engagé la conception de Cigéo et a présenté l'esquisse du projet lors du débat public de 2013. En 2016, l'Andra a remis à l'ASN le dossier d'options de sûreté (DOS) de Cigéo, réalisé pour stabiliser les principes, les méthodes et les grands choix de conception pour garantir la sûreté de l'installation. En 2018, l'ASN a estimé que « le projet a atteint globalement une maturité technologique satisfaisante au stade du DOS⁽²⁾ ». Elle a également émis un certain nombre de recommandations et de réserves (notamment sur les déchets bitumés) qui sont pris en compte dans les compléments d'études actuellement en cours de réalisation dans le cadre du dépôt de la demande d'autorisation de création (DAC) qui interviendra en 2020.

Les installations du projet Cigéo

S'il est autorisé, le projet Cigéo se composera de deux zones en surface (voir la Figure 4 ci-contre). La première, la zone « descendrière », sera dédiée à la réception, au

contrôle et à la préparation des colis avant leur mise en stockage à cinq cents mètres de profondeur. La descente des colis de déchets sera réalisée à l'aide d'un funiculaire.

La seconde, la zone « puits », distante de la zone précédente de quelques kilomètres, comprendra une zone destinée aux travaux de creusement et de construction de l'installation souterraine ainsi qu'une autre zone pour le stockage des versées issues des travaux de creusement, dont une partie sera réutilisée lors de la fermeture définitive de Cigéo.

Les zones de stockage sont différenciées et adaptées à chaque type de déchets. Elles comprennent un quartier pour les déchets MAVL et un autre pour les déchets HA.

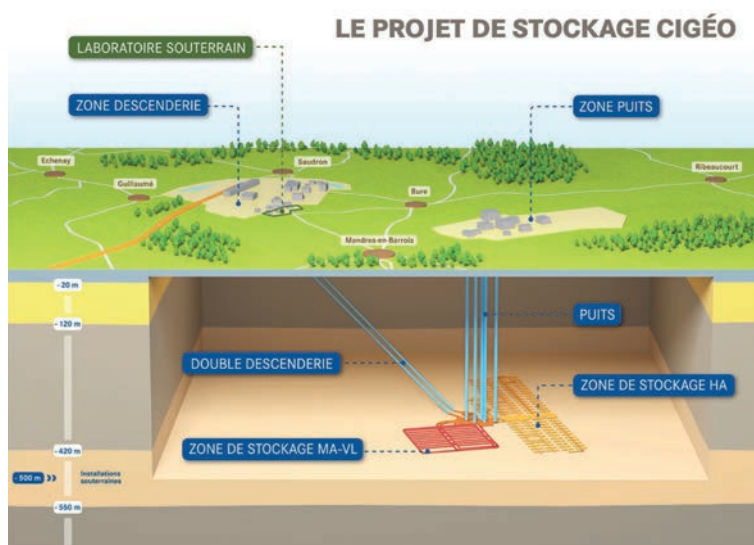


Figure 4.

Cigéo, un projet progressif, adaptable et flexible qui garantit la récupérabilité des colis tout au long de son exploitation

Un projet progressif

Sur la base de l'inventaire de référence, qui correspond à l'ensemble des déchets de HA et MA-VL issus des installations actuelles, le projet Cigéo est conçu pour pouvoir accueillir environ 10 000 m³ de déchets HA et 75 000 m³ de déchets MA-VL.

La construction de l'installation sera progressive dans le temps. Elle se déroulera en phases successives de creusement définies en fonction des besoins. Ce développement progressif laisse ainsi la possibilité de conduire des réévaluations périodiques, d'intégrer de manière régulière les retours d'expérience ainsi que les progrès techniques et technologiques réalisés. Cette progressivité offre également aux générations suivantes une souplesse d'évolution dans la conduite du projet pour, par exemple, en temporiser ou en accélérer la construction, en fonction de leurs choix, de leurs besoins et de leurs contraintes.

Si le projet Cigéo est autorisé, le démarrage de l'installation fera l'objet d'une phase pilote qui sera elle-même de

(1) Avis de l'ASN du 1^{er} février 2006 « sur les recherches relatives à la gestion des déchets à haute activité et à vie longue (HAVL) menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991 ».

(2) Avis n°2018-AV-0300 de l'ASN du 11 janvier 2018 sur le dossier d'options de sûreté du projet Cigéo.

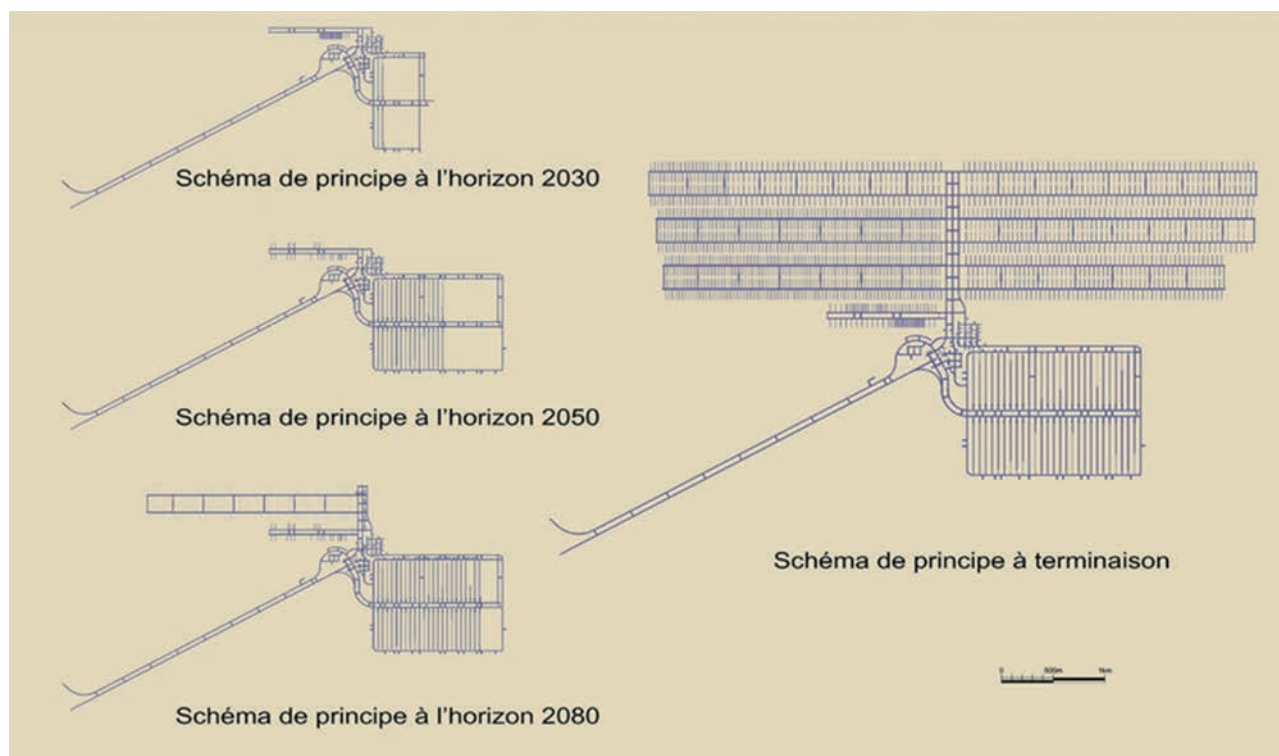


Figure 5.

mise en œuvre progressive. Cette phase pilote se déclinera en une succession de différentes phases permettant la prise en main de l'installation, de confirmer les données et d'acquies les connaissances nécessaires à l'avancement du projet.

Un projet adaptable

Si l'inventaire de référence constitue la base de la conception du projet Cigéo, les études conduites par l'Andra prennent également en compte les évolutions possibles (changement de la politique énergétique du pays, changement de politique industrielle, etc.) qui pourraient avoir un impact en termes d'inventaire des déchets qui seront stockés dans le futur dans l'installation.

Ainsi, un inventaire de réserve porte sur des déchets radioactifs dont la prise en charge par Cigéo ne constitue pas l'option de référence, mais pour lesquels il est nécessaire de s'assurer que la conception du projet ne comporte pas d'éléments réhivitoires à leur stockage ou que leur stockage n'aurait pas de conséquences négatives sur la sûreté de Cigéo.

L'adaptabilité constitue aussi un gage donné à la société que les choix de conception que nous faisons aujourd'hui ne préemptent pas les décisions que les générations suivantes devront prendre, notamment en matière de politique énergétique.

Un projet flexible

Le projet Cigéo se caractérise aussi par sa flexibilité. En effet, l'installation projetée doit avoir une capacité d'ajustement aux variations du programme industriel, aux flux de

réception des colis de déchets radioactifs et aux besoins induits par leur stockage. Elle doit aussi être en capacité de recevoir des déchets reposant sur de nouveaux modes de conditionnement sans modification substantielle de ses infrastructures ou des équipements existants, et donc sans la construction d'ouvrages nouveaux.

Cette flexibilité offre également la possibilité aux générations suivantes de décaler ou d'accélérer, dans certaines limites liées aux performances des équipements, à leur taux d'utilisation et à la disponibilité des opérateurs, les flux de colis reçus par Cigéo.

Un projet qui garantit la récupérabilité des colis pendant toute la durée de son exploitation

La récupérabilité des colis de déchets radioactifs dans le cadre de l'exploitation de Cigéo constitue l'un des principes directeurs de sa conception. D'un point de vue technique, et conformément à une demande sociétale forte traduite dans la loi par le législateur, Cigéo est conçu pour permettre la reprise des colis pendant toute la durée de son exploitation, c'est-à-dire pendant plus d'une centaine d'années.

Compte tenu de la progressivité du projet Cigéo, le temps de récupération des colis et l'effort nécessaire à un éventuel retrait de ceux-ci augmentent au fur et à mesure de l'accroissement du volume des déchets stockés. Si, pour des questions techniques ou en raison d'une demande sociétale, il était décidé de récupérer tout ou partie des colis, cela supposerait de disposer au préalable de capacités d'entreposage en surface ou, si ce n'est pas le cas, d'en créer de nouvelles.

Le contexte international de la gestion des déchets radioactifs

La gestion des déchets à vie courte

Les déchets TFA

Cette catégorie de déchets ne fait l'objet d'une gestion spécifique que dans un nombre restreint de pays (France, Japon, Lituanie, Espagne et Suède). Ainsi, en Espagne, les déchets TFA sont stockés dans des installations spécialement conçues dans des alvéoles peu profondes qui sont ensuite rendues étanches grâce à des couvertures techniques (*process* similaire au choix français). Dans les autres pays, les déchets TFA sont soit inclus dans les volumes de déchets FMA-VC, soit stockés à proximité des centrales nucléaires, ou bien encore, pris en charge par les filières de traitement des déchets conventionnels.

Les déchets FMA-VC

Dans de nombreux pays, les déchets FMA-VC sont stockés en surface dans des ouvrages en béton dans lesquels sont placés les déchets. Lors de la fermeture du centre, un système de couverture technique vient coiffer les ouvrages pour limiter l'infiltration d'eau et l'érosion de surface. Le stockage des déchets FMA-VC dans des centres de surface est une solution retenue par de nombreux pays (Espagne, Royaume-Uni et États-Unis). D'autres pays (Finlande, Suède, Allemagne, Suisse et Canada) ont fait ou envisagent de faire le choix de les stocker dans des installations de subsurface ou en profondeur.

La gestion des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue

Le stockage géologique profond constitue la référence internationale pour la prise en charge des déchets radioactifs les plus dangereux. Ainsi, pour l'AIEA, « le stockage en formations géologiques a notamment été préconisé comme solution de gestion à long terme pour les déchets de haute et moyenne activité. Les études de faisabilité, les études de sûreté spécifiques au site et l'expérience opé-

rationnelle ont généralement renforcé la confiance dans la sécurité du stockage géologique⁽³⁾ ».

Sur la trentaine de pays disposant de moyens de production électronucléaires, quinze ont fait le choix du stockage géologique profond pour assurer la gestion de leurs déchets radioactifs les plus dangereux. Aucun des quinze autres pays ne s'est dirigé vers une autre option de gestion. En l'absence de décision sur les modalités de gestion à très long terme ou faute de site identifié pour accueillir un laboratoire de recherche ou un centre de stockage, les déchets radioactifs font l'objet d'un entreposage transitoire dans l'attente d'une prise de décision définitive pour leur gestion.

Actuellement, trois pays, dont la France, pourraient démarrer la construction et l'exploitation d'une telle installation dans la décennie à venir.

La Finlande apparaît comme le pays le plus avancé. En 2001, le Parlement finlandais a entériné le principe de la création d'un centre de stockage géologique pour accueillir les combustibles usés. Après avoir étudié en détail la formation granitique d'accueil située à Olkiluoto, le gouvernement finlandais a autorisé en 2015 la construction de ce centre. Sa mise en service devrait intervenir à l'horizon 2023.

La Suède, de son côté, a conduit des études visant à l'implantation d'un laboratoire souterrain dans une formation granitique situé à Aspö. En 2009, le site de Forsmark a été retenu pour la construction d'un centre de stockage géologique et une demande d'autorisation a été déposée en 2011. L'instruction de cette demande a reçu un avis positif de l'Autorité de sûreté suédoise en 2018. Cependant, l'autorité environnementale a demandé un complément d'information à l'exploitant portant sur la corrosion des surconteneurs en cuivre. Ces études sont en cours. La construction de l'installation pourrait démarrer en 2020 pour une mise en service à l'horizon 2030.

(3) AIEA, SSG-14, « Stockage géologique pour les déchets nucléaires ».