



© CEA

CEDRA, centre de conditionnement et d'entreposage de déchets radioactifs à Cadarache

# La gestion des matières et déchets radioactifs en débat dans tout le pays

**La Commission nationale du débat public vient d'ouvrir une vaste consultation pour la mise à jour du plan de gestion des matières et déchets radioactifs. Une question qui concerne chaque Français. Tous sont invités à donner un avis, à Cadarache comme ailleurs.**

Parce qu'il souhaite recueillir l'opinion des citoyens sur le sujet, l'État a lancé le 17 avril le débat public préalable à l'adoption du nouveau Plan de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) en France. Destiné à fixer la doctrine dans ce domaine depuis 2007, ce plan s'impose à tous les utilisateurs de matières radioactives. Mis à jour tous les trois ans, il s'appuie bien entendu sur la version précédente, adoptée en 2016, et sur la longue expérience des professionnels de l'atome. Mais il doit également tenir compte, sinon s'inspirer, des réflexions et des préférences exprimées au cours des réunions organisées par la Commission nationale du débat public (CNDP), organisme indépendant en charge - comme son nom l'indique, des grands débats nécessitant la consultation des citoyens. Ces rendez-vous se tiendront jusqu'au 25 septembre, date de clôture de la concertation. Durant cette période, cinq réunions publiques, une quinzaine de rencontres thématiques et trois réunions du panel de 15 citoyens chargé d'accompagner le débat auront été mises en place un peu partout dans le pays, de même qu'une consultation en ligne, via le site de la CNDP. On notera que, depuis sa création il y a douze ans, c'est la première fois que l'Etat initie un débat national public sur le

PNGMDR et ses enjeux.

Tous les lieux où sont exploités, entreposés ou stockés des matériaux radioactifs sont concernés par le PNGMDR. Sa mise à jour doit traduire les choix de gestion de l'État pour la période 2019/2022. Par rapport à la version 2016, il devra évoluer en fonction des diagnostics établis par les différents acteurs, des besoins exprimés par les exploitants et les chercheurs, mais aussi sur la base des éléments qui émergeront du grand débat et des réalités techniques, scientifiques et industrielles du moment.

*Des questions qui mobilisent scientifiques et riverains de Cadarache depuis 60 ans*

L'idée directrice de ce nouveau PNGMDR et du débat public préalable est donc bien d'évaluer toutes les pistes d'évolution, pour ne retenir in fine que les plus pertinentes et les plus durables, avec pour référence l'état actuel des connaissances. L'engagement de l'État, c'est de continuer à garantir la sûreté de ces matériaux sensibles dans des conditions économiques et environnementales acceptables, qu'ils soient stockés définitivement, entreposés provisoirement, utilisés dans les installations ou transportés d'un point à un autre.

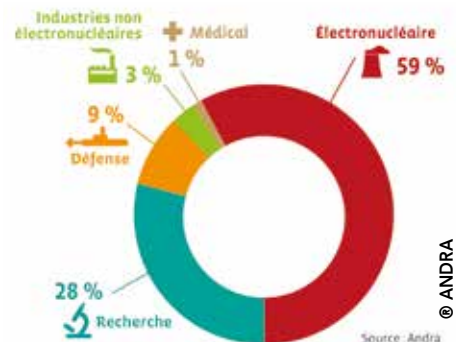
Si les pouvoirs publics mettent désormais ces questions en débat, c'est que la gestion actuelle et future des matières et déchets radioactifs concerne tout le monde. Ceux qui travaillent dans le domaine, ceux qui vivent à proximité d'une installation, mais aussi tous ceux qui utilisent de l'énergie au quotidien, c'est-à-dire chaque Français. Plus de 70 % de l'électricité qu'ils consomment est en effet issue d'une centrale

nucléaire. Nous sommes donc tous comptables du devenir des matériaux utilisés pour la produire.

*Évaluer toutes les pistes d'évolution, pour ne retenir in fine que les plus pertinentes et les plus durables*

À Cadarache, centre de recherche où l'on ne produit pas d'énergie à des fins commerciales, ces questions mobilisent les scientifiques et les riverains depuis tout juste 60 ans. Une excellente raison de s'impliquer dans le débat, à l'heure où le chantier du réacteur expérimental ITER avance à grands pas. Les premières expériences en vue de maîtriser la fusion nucléaire débiteront aux alentours de 2025. La gestion des matières et déchets va donc perdurer.

## RÉPARTITION DES DÉCHETS RADIOACTIFS SELON LEUR PROVENANCE



© ANDRA

Document du panel des 14 citoyens

# Les matières et déchets nucléaires, c'est quoi ?

Derrière ce nom qui fait peur à une majorité de Français, on trouve des éléments nombreux et très différents. Y compris au niveau de leur dangerosité et de sa persistance dans le temps.

Si l'on s'en tient aux statuts<sup>(1)</sup> de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), les matières nucléaires sont au nombre de quatre: le plutonium, l'uranium enrichi en uranium 235, l'uranium 233 et le thorium. Mais la définition qu'on en trouve dans les dictionnaires français est plus extensive, puisque sont considérés comme matières radioactives tous les corps qui ont pour propriété d'émettre des particules et des rayonnements électromagnétiques.

Dans le Code de l'environnement, document civil de référence du droit français, l'article L. 542-1-1 stipule qu'il s'agit de composés radioactifs susceptibles d'être valorisés immédiatement ou ultérieurement, en raison notamment de leur potentiel énergétique. L'uranium et tous ses isotopes en font ainsi partie, même si seul l'uranium 235 est naturellement fissile.

Sur le plan de la défense, en revanche, la notion de matière radioactive s'étend à tous les éléments susceptibles d'entrer dans

la composition d'une bombe atomique, à savoir uranium, plutonium et thorium, auxquels s'ajoutent le deutérium (ou eau lourde), le tritium et le lithium enrichi en lithium 6.

Pour autant, la liste des matériaux ayant une activité radiologique ne se limite pas à ceux utilisés pour produire de l'énergie ou fabriquer des armes nucléaires. Parmi eux, on peut également mentionner les sources radioactives utilisées dans l'imagerie médicale (radiographie, scanner, résonance magnétique...), dans le traitement des

plus en mesure de délivrer le service pour lequel ils ont été extraits, traités et mis en forme, ces éléments qu'on ne peut plus réutiliser ou valoriser deviennent des déchets.

Une fois réduits à cet état, ils sont classés par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) en cinq catégories (voir schéma ci-contre), sur la base de deux critères: leur niveau d'activité radiologique et la durée pendant laquelle ils vont émettre des rayonnements. C'est cette catégorie qui détermine ensuite la filière de stockage des déchets.

Tableau de classification usuelle des déchets radioactifs

	Déchets dits à vie très courte contenant des radioéléments de période < 100 jours	Déchets dits à vie courte dont la radioactivité provient principalement des radioéléments de période < 31 ans	Déchets dits à vie longue contenant majoritairement des radioéléments de période > 31 ans
Centaines Bq/g	Très faible activité (TFA)	Gestion par décroissance radioactive sur le site de production puis élimination dans les filières de stockage dédiées aux déchets conventionnels	TFA Recyclage ou stockage dédié en surface (installation de stockage du centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage de l'Aube)
Millions Bq/g	Faible activité (FA)	VTC	VL Stockage de surface (centre de stockage des déchets de l'Aube)
Milliards Bq/g	Moyenne activité (MA)	VL	VL Stockage à faible profondeur (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
Milliards Bq/g	Haute activité (HA)	Non applicable*	VL Stockage en couche géologique profonde (en projet dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)

\* Les déchets de haute activité à vie très courte n'existent pas.

© ASN

## Le rôle de la CLI

Créée en 1993 à l'initiative du Conseil général des Bouches-du-Rhône, la Commission locale d'information (CLI) de Cadarache a, comme les 52 autres CLI de France, une mission de suivi, d'information et de concertation pour tout ce qui concerne la sûreté, la radioprotection et l'impact des activités du centre sur l'environnement et les populations riveraines. Obligatoires depuis 1981 à proximité des installations classées au titre de la protection de l'environnement (ICPE), 38 des 53 CLI du pays sont liées à des sites nucléarisés. Celle de Cadarache a comme périmètre d'intervention l'ensemble des installations civiles du centre CEA, le site où se construit en ce moment le réacteur expérimental Iter et l'entreprise d'ionisation industrielle Gammaster, installée à Marseille. Les exploitants et utilisateurs de ces installations doivent à la CLI la plus grande transparence sur leurs activités, prioritairement celles susceptibles d'impacter les personnes employées sur le site, les riverains et l'environnement.

Dans le cadre du débat public sur la révision du Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs, la CLI a vocation à diffuser le plus largement possible tout élément utile à la bonne information des citoyens.

cancers, dans la désinfection du matériel médical, pour l'ionisation des aliments ou la datation en archéologie. Sans compter les éléments naturellement radioactifs, comme le radium, présent en très petite quantité dans l'uranium naturel, le radon, un gaz produit par la dégradation du radium, ou des objets plus inattendus contenant un ou plusieurs éléments radioactifs: les montres et horloges luminescentes anciennes, des dispositifs médicaux au radium, les détecteurs de fumée...

Tant qu'ils reposent dans leur milieu naturel ou qu'ils sont utilisés dans un réacteur, un appareil de radiologie ou un missile, les éléments radioactifs restent classés parmi les matières. En revanche, dès qu'ils ne sont

Pour l'activité radiologique, on distingue quatre niveaux: haute activité (HA), moyenne activité (MA), faible activité (FA) et très faible activité (TFA). C'est ce niveau qui détermine la dangerosité des déchets et des matières.

Pour la durée, on ne retient que deux niveaux: les déchets à vie longue (VL), c'est-à-dire supérieure à 31 ans, et ceux à vie courte (VC), c'est-à-dire moins de 31 ans.

On entend par « vie » - ou plus exactement « période radioactive », le temps moyen nécessaire à un élément radioactif pour diminuer naturellement la moitié de son activité.

(1) Statut de l'AIEA - article XX.

## Périodes radioactives de radionucléides

Radionucléide	Période radioactive	Exemple d'usage
Technétium 99	57 jours	Scintigraphie osseuse
Carbone 14	5 730 ans	Datation historique
Plutonium	24 110 ans	Combustible nucléaire
Uranium 238	4 470 000 000 ans	Combustible nucléaire



## « Regagner la confiance petit à petit »

**Spécialiste des questions de sûreté et de protection de l'environnement, l'universitaire Corinne Le Gal La Salle constate que la méfiance des Français vis-à-vis du nucléaire reste forte, mais le changement d'attitude des autorités au fil du temps et des accidents a, selon elle, déjà permis des progrès notables dans la perception du risque par la population.**

Responsable du master « *Risques environnementaux et sûreté nucléaire* » (RESNUC) de l'université de Nîmes, Corinne Le Gal La Salle a accepté de répondre à nos questions sur l'intérêt d'un débat public pour fixer le prochain plan de gestion des matières et déchets nucléaires.

**Est-ce vraiment pertinent d'ouvrir un débat grand public sur un sujet aussi complexe et technique que celui-là ?**

**Corinne Le Gal La Salle :** « C'est vrai que c'est compliqué, mais l'intérêt de ce type de débat n'est pas d'apporter que des réponses techniques, des réponses d'experts. L'enjeu est plus sociétal, car le sujet concerne toute la population. Or, on s'aperçoit que, plus on avance, plus l'accord préalable des citoyens est nécessaire pour arriver à une solution acceptable sur les grands projets à fort impact. Le débat public ouvert est un outil qui permet de discuter, de confronter les points de vue, d'échanger... et parfois, on le souhaite, d'arriver à un consensus. »

**Il existe toujours une grande méfiance des Français vis-à-vis du nucléaire, une majorité estimant toujours qu'on ne leur dit pas la vérité. N'est-ce pas difficile de débattre avec des gens qui se méfient les uns des autres ?**

**Corinne Le Gal La Salle :** « Cette perte de confiance est effectivement assez

forte depuis l'accident majeur de communication au moment de Tchernobyl, en 1986. On ne peut pas nier que cela complique les relations entre les autorités, les experts et les citoyens. Car il faut pouvoir transmettre les clés de compréhension aux gens pour qu'ils s'emparent du débat de façon pertinente et apaisée afin qu'ils forment leur propre opinion. Mais la communication dans ce domaine n'est pas simple, justement parce qu'il s'agit de questions techniques complexes qu'il est nécessaire d'aborder au bon niveau pour qu'elles soient bien reçues. »

**Il se situe où, le bon niveau ?**

**Corinne Le Gal La Salle :** « Là où le citoyen attend des réponses claires, plutôt qu'une parole d'expert pas forcément compréhensible et pour laquelle il n'osera peut-être pas réclamer des explications supplémentaires. Dans le cadre du Forum du master et avec la collaboration de l'IRSN, nous avons d'ailleurs fait une expérience de communication en plaçant les intervenants, non pas sur une estrade ou une scène pour dérouler un PowerPoint en position dominante par rapport au public, mais tous assis autour d'une table, ce qui a permis une vraie discussion, un échange plus libre et équilibré, avec des interlocuteurs qui s'appuient sur des savoirs, pas sur des croyances. C'est ce travail par la preuve qui peut permettre de rétablir un véritable échange et regagner petit à petit la confiance perdue. Le problème dans ces domaines techniques, c'est que les experts ne sont pas toujours les meilleurs passeurs pour transmettre les bonnes clés de compréhension. Mais nous y travaillons. Dans le master RESNUC, à l'université de Nîmes, nous consacrons un module entier à la

communication et aux enjeux liés à la perception du risque par la population. »

**La méfiance post-Tchernobyl que vous évoquez, vous la retrouvez aussi chez les jeunes qui veulent entrer dans le cursus que vous dirigez ?**

**Corinne Le Gal La Salle :** « Ils sont généralement assez avertis et réalistes, mais ce n'est pas surprenant de la part de gens qui souhaitent intégrer ce master. Pour autant, ils ne sont pas béats; certains arrivent même très circonspects par rapport au nucléaire, ce qui est bien. On doit en effet garder en permanence un esprit critique, une vigilance vis-à-vis de ce domaine. »

**Parmi les grandes puissances nucléaires, les États-Unis, la Russie et le Japon ont tous connu au moins un accident majeur, mais pas la France. Sommes-nous vraiment meilleurs que les autres ou avons-nous seulement plus de chance ?**

**Corinne Le Gal La Salle :** « Difficile de dire que nous sommes meilleurs, mais notre système est indéniablement efficace, avec des organes de contrôle indépendants qui jouent très bien leur rôle. Encore mieux depuis ces accidents, qui ont suscité une remise à plat de nos procédures. Particulièrement après Fukushima, qui a permis de réinterroger toutes les questions de sûreté et de sécurité, de remettre à l'épreuve toutes les installations, de développer le concept du « noyau dur », de créer une force d'action rapide au sein d'EDF... Cette série d'événements a également amené les autorités à mieux prendre en compte les préoccupations des citoyens. »

### Incertitudes sur les coûts

Maintenue dans une certaine opacité des décennies durant, la question des coûts globaux de gestion des matières et déchets radioactifs reste un élément très important du PNGMDR sur la durée. Mais pas facile pour autant de connaître avec précision le montant qu'il faudra y consacrer dans l'avenir, et donc l'impact que cela aura sur le prix de l'énergie.

Dans son rapport sur « Les coûts de la filière électronucléaire » paru le 31 jan-

vier 2012, la Cour des comptes évalue toutefois le prix moyen de la gestion du combustible usé du CEA à 5800 € par kilo, « hors coûts de gestion à long terme », précisent toutefois les magistrats financiers, qui estiment à plus de 28 milliards d'euros le coût de la gestion future de ces déchets, dont 23 milliards à la seule charge d'EDF. De son côté, l'Andra publie les barèmes qu'elle applique pour la collecte des colis de déchets radioactifs, facturés

entre 400 et 2100 € par colis selon le type de déchet, la nature et le volume du colis concerné. Selon le dossier des maîtres d'ouvrage consultable sur le site de la CNDP, les coûts de stockage des déchets de très faible activité (TFA) pris en charge par l'Andra au Cires seraient de 500 € par m<sup>3</sup> de déchets, pour un coût total moyen, incluant le conditionnement, le transport et le stockage, qui s'élèverait à 1200 € par m<sup>3</sup>.



## Du ressort de l'Andra

Longtemps gérés par les exploitants eux-mêmes, les déchets radioactifs restent sous la responsabilité de leurs propriétaires, mais ils sont désormais gérés par un seul organisme, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Créé en 1979 au sein du CEA, à la demande du gouvernement, cet établissement a acquis son indépendance avec la loi Bataille, adoptée en 1991. La mission qui lui est alors confiée comprend l'étude, la conception, la réalisation et la gestion de centres de stockage, en surface et en profondeur, où l'on envisage de placer les déchets à haute et moyenne

activité à vie longue. C'est ainsi qu'a été créé le laboratoire souterrain de Bure, dans la Meuse, afin d'étudier la couche géologique sélectionnée pour accueillir le projet de stockage géologique profond de déchets radioactifs, Cigéo. S'il est autorisé, ce centre stockera les déchets radioactifs les plus dangereux et à vie longue à 500 m de profondeur, dans une couche d'argile dont les propriétés permettraient, selon l'Andra, de confiner la radioactivité aussi longtemps que les déchets restent dangereux, c'est-à-dire des centaines de milliers, voire des millions d'années.

## Le nucléaire civil joue la transparence mais peine à convaincre

Depuis la découverte de la radioactivité, la France a toujours manifesté un grand intérêt pour l'atome. D'abord avec la recherche fondamentale et les premières applications médicales, au début du XX<sup>e</sup> siècle, puis avec les armes et l'énergie, entre les années 1950 et 1970. Notre pays figure ainsi parmi les grandes puissances nucléaires de la planète, et détient, à ce titre, d'importantes quantités de matières nucléaires et de déchets radioactifs issus de ses activités civiles et militaires.

Selon l'Andra, qui a la responsabilité de suivre l'inventaire des déchets (voir ci-contre), on en recensait fin 2017 quelque 1,62 million de mètre cubes sur l'ensemble du territoire, soit environ 80 000 m<sup>3</sup> de plus qu'à fin 2016. Plus de 90 % de ces déchets sont de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC) et de très faible activité (TFA). Les déchets les plus dangereux, ceux de haute activité (HA),

représentent pour leur part un volume de 3740 m<sup>3</sup> fin 2017, en accroissement d'une centaine de m<sup>3</sup> par an en moyenne. Ils sont issus pour l'essentiel du retraitement du combustible utilisé des centrales nucléaires. Pour l'heure, il n'existe pas de solution de stockage définitif pour ces déchets de haute activité et pour ceux à vie longue, qui ont vocation à être enfouis dans les galeries de Cigéo.

À Cadarache, où les déchets radioactifs de toute nature n'ont pas vocation à rester indéfiniment, le volume entreposé a fortement baissé ces dernières années, passant d'environ 40 000 m<sup>3</sup> fin 2012 à 17 900 m<sup>3</sup> fin 2016, puis 15 517 m<sup>3</sup> fin 2017, selon les chiffres publiés par le CEA dans la dernière édition de son rapport « *Transparence et sécurité nucléaire* ».

Reste la question de ce que l'Andra qualifie de « déchets ayant fait l'objet de modes de gestion spécifique », c'est-à-dire les déchets dits

« historiques », issus de l'extraction du minerai d'uranium sur le sol français et de diverses activités anciennes, et qui n'apparaissent pas dans les bilans. Selon le journal *Le Monde*, qui a fait l'addition dans un article du 12 juin 2019, il y en aurait en tout environ 200 millions de m<sup>3</sup> répartis un peu partout en France.

Longtemps, la gestion des matières et déchets nucléaires est restée sous la seule responsabilité des exploitants, qui n'avaient aucune obligation de transparence. Depuis l'accident de Tchernobyl, en 1986, et le mensonge officiel sur ses conséquences, une grande méfiance s'est installée dans la population, alors même que l'État ne cessait d'afficher sa volonté d'ouverture et d'honnêteté, mettant progressivement les utilisateurs de matières radioactives dans l'obligation de communiquer sur leurs activités. Mais la méfiance reste de mise, comme le montre année après année le baromètre de l'IRSN consultable à l'adresse suivante : <http://barometre.irsn.fr/>

## Le nucléaire militaire continue d'avancer en silence

Décidée au début des années 1950 après une brève période de pacifisme, la constitution d'un arsenal nucléaire français a débuté en 1960 avec les premiers essais d'explosion thermonucléaire dans le désert algérien. Depuis lors, la France conçoit, fabrique et maintient en conditions opérationnelles des munitions nucléaires en fonction de ses besoins stratégiques, des traités internationaux, des évolutions technologiques, géopolitiques et des budgets dédiés à sa politique de dissuasion. En plus de ces munitions montées au fil du temps sur différents vecteurs (missiles sol/sol, air/sol ou mer/sol), la défense nationale a développé des systèmes de propulsion nucléaire pour ses bâtiments (porteurs, sous-marins lanceurs d'engins et

sous-marins d'attaque), qui nécessitent l'utilisation de matières radioactives et produisent des déchets, comme tous les réacteurs.

À Cadarache, un site spécifique a le statut d'installation nucléaire de base secrète (INBS) : celui où sont étudiées, fabriquées et entretenues les chaufferies nucléaires de la Marine nationale. Cette installation, qui relève de la Direction des Applications Militaires du CEA, possède notamment une piscine d'entreposage et un réacteur d'essais au sol (RES), mis en service en octobre 2018, pour la mise au point des futures chaudières. C'est un organisme dédié, l'Autorité de Sûreté Nucléaire de Défense (ASND), qui assure le contrôle de ces

activités, sous l'autorité du délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection de la défense (DSND), lui-même placé sous la tutelle du ministre de la Défense. Les établissements militaires sont soumis à une réglementation spécifique, mais partagent de nombreuses obligations avec le nucléaire civil, comme la déclaration de leurs activités radiologiques, tous les 3 ans. Les informations disponibles sur les déchets radioactifs de la défense sont cependant limitées pour d'évidentes raisons stratégiques. On connaît ainsi le poids total de combustible utilisé détenu au 31 décembre 2017, soit 194 tonnes. L'inventaire annuel de l'Andra mentionne également les catégories de déchets que chaque site militaire détient et, au mieux, leur volume.

# Le stockage des déchets les plus dangereux continue de faire débat

**Entamée en 1991, la réflexion sur la gestion à très long terme des déchets radioactifs a débouché sur la création de Cigéo, un site de stockage en couches géologiques profondes, qui est loin de faire l'unanimité. La question du retraitement/recyclage est également controversée.**

Pour faire face aux besoins de la recherche, de la médecine, de l'industrie et de la défense nationale, la France dispose depuis 60 ans d'un stock de matières nucléaires dont elle adapte le format et la composition en permanence. Une fois utilisées et transformées, au point d'empêcher toute utilisation ultérieure, ces matières changent de statut juridique et deviennent des déchets radioactifs. Avec un mode de gestion associé spécifique, déterminé en fonction notamment de leur dangerosité, de la chaleur qu'ils dégagent et de la durée de leur période radioactive.

Étant donné les choix stratégiques opérés par l'État en matière énergétique, c'est évidemment l'industrie électronucléaire qui consomme le plus de matières radioactives et, par voie de conséquence, produit la plus grosse part des déchets recensés par l'Andra dans l'Hexagone.

Contrairement à la plupart des autres puissances nucléaires civiles du monde, la France a fait - comme la Russie - le choix du cycle combustible dit « fermé », fondé sur le retraitement et le recyclage des assemblages usés. Selon EDF, cette option permettrait en théorie d'économiser entre

10 et 25 % de la ressource en uranium naturel et de valoriser jusqu'à 96 % du combustible déjà utilisé. En pratique, seul le plutonium généré par les centrales est recyclé dans les assemblages MOX. Ce plutonium représente environ 1 % des volumes de combustibles usés. Si on y inclut l'uranium appauvri utilisé pour la fabrication de MOX, le taux de recyclage français ne dépasse donc pas les 10 %. Sur le plan économique, EDF et Orano (ex-Areva) expliquaient fin avril au journal *Le Monde* que le choix du retraitement/recyclage permet des économies importantes sur la matière première et une réduction significative des volumes de déchets les plus dangereux, ceux destinés à l'enfouissement profond. Une affirmation que contestent plusieurs associations, et pas seulement les anti-nucléaires, aussi bien sur la question des coûts que sur celle des déchets.

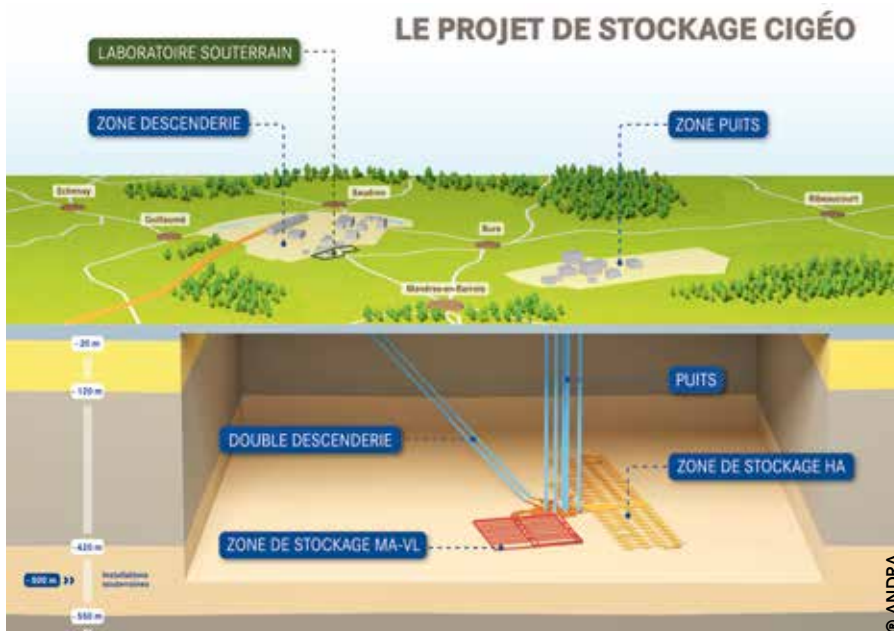
Quoi qu'il en soit, quand une matière radioactive devient déchet, qu'elle soit ou non réutilisable, les prescriptions de sûreté prévoient comment elle doit être traitée et stockée pour maîtriser ses effets sur le long terme.

Pour les TFA, un enjeu spécifique fait débat, celui du « seuil de libération », à savoir le niveau minimum de radioactivité à partir duquel un élément doit être classé comme déchet nucléaire. Une spécificité française est en effet de considérer comme déchet TFA à minima tout objet ayant séjourné dans une zone à déchets

nucléaires d'une INB, quel que soit son niveau de contamination, y compris lorsque celle-ci est inférieure à la radioactivité naturelle. Pour limiter les volumes de TFA, des voix préconisent ainsi une révision de la réglementation, afin de pouvoir recycler des déchets non contaminés dans les circuits classiques.

Toutes les catégories de déchets font l'objet d'un conditionnement spécifique, en fonction du niveau de radiations qu'ils émettent, de la chaleur qu'ils dégagent et de la durée de leur période radioactive. Ces conditionnements vont du simple fût en métal ou en béton pour les déchets les plus faiblement contaminés, jusqu'au conteneur en inox épais pour les déchets de haute activité à vie longue préalablement séparés et vitrifiés.

Pour l'heure, il n'existe pas de solution pérenne déjà à l'œuvre pour le stockage de ce dernier type de déchets radioactifs. C'est précisément l'objet des évaluations décidées en 1991 et conduites à partir de l'an 2000 sur le site Cigéo de Bure (Meuse), qui ont débouché sur l'option d'un stockage géologique profond, en 2006. Les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL) devraient commencer d'y être stockés à partir de 2025. Pour les combustibles usés HA-VL, les premiers colis ne sont pas attendus avant 2060. À titre d'exemple, il faut 70 ans pour que les HA-VL issus de combustible usé descendent sous les 90°C, température maximum envisageable pour leur stockage définitif à 500 m sous terre.



Le projet de stockage Cigéo pour les déchets radioactifs à vie longue a fait l'objet d'un débat public en 2013

## 270

C'est, en kilomètres, la longueur totale des galeries et alvéoles que l'Andra envisage de creuser pour les besoins de stockage de Cigéo, qui devrait à terme accueillir tous les déchets de haute et moyenne activité à vie longue produits en France.



**EN SAVOIR PLUS**  
[pngmdr.debatpublic.fr](http://pngmdr.debatpublic.fr)  
[asn.fr](http://asn.fr)  
[irsn.fr](http://irsn.fr)  
[andra.fr](http://andra.fr)  
[anccli.fr](http://anccli.fr)

# Vers la maîtrise de la fusion et de la radioactivité ?

**Qu'il s'agisse du réacteur expérimental Iter ou d'autres programmes de recherches nationaux et internationaux, les scientifiques de l'atome espèrent parvenir, à terme, à contrôler la fusion nucléaire et à réduire à presque rien la radioactivité des déchets les plus dangereux. Tour d'horizon des espoirs de la science.**

Huit ans après l'accident de Fukushima, l'avenir de la filière nucléaire dépend pour une large part du niveau de confiance des populations, mais aussi - et surtout - des progrès dans la maîtrise du risque et dans la gestion des déchets radioactifs, qui restent des sujets d'inquiétude majeurs pour les Français.

Une des voies de recherche explorées depuis une trentaine d'années se concentre d'ailleurs sur ces questions : la réduction des volumes de déchets pour une même quantité d'énergie produite, la neutralisation des rayonnements dangereux émis par ces derniers et le raccourcissement de la durée (souvent très longue) durant laquelle ils émettent ces rayonnements.

## Supprimer la radioactivité par transmutation

Cette voie de recherche, c'est celle de la séparation/transmutation, qui consiste à séparer les différents éléments du combustible usé, notamment les produits de fission et les actinides mineurs les plus radiotoxiques, puis de leur faire subir un traitement particulier, la transmutation, afin de réduire leur période radioactive. La faisabilité technique de ces deux

opérations a été démontrée, mais « la possibilité de les industrialiser n'est pas acquise », peut-on lire dans le document de « clarification des controverses »<sup>(1)</sup> publié à l'occasion du débat public sur le PNGMDR. Selon Gilles Bordier, directeur scientifique adjoint de l'énergie nucléaire au CEA et expert du cycle du combustible, cette possibilité est liée de toute façon au développement industriel d'un nouveau type de réacteur à neutrons, « ce qui n'est pas à l'ordre du jour », souligne-t-il. Cette solution ne peut donc être envisagée qu'à très long terme.

## Réduire la période radioactive des déchets les plus dangereux

Réduire la période radioactive des éléments, c'est aussi le pari du professeur Gérard Mourou, prix Nobel de physique 2018 (avec la Canadienne Donna Strickland) pour leur découverte sur les lasers à impulsion. Avec cette technique, ils estiment possible de réduire la période des éléments les plus dangereux « d'un million d'années à 30 minutes » en cassant la structure de leurs atomes. Selon ses déclarations à *The Conversation*, fin 2018 : « On est déjà capable d'irradier avec un laser à grand flux beaucoup de matière d'un seul coup, la technique est donc parfaitement applicable, et théoriquement, rien ne s'oppose à une utilisation à échelle industrielle. » Les premiers résultats ne sont toutefois pas attendus avant 10 ou 15 ans.

## La fusion, version Myrrha

Autre voie prometteuse, le projet belgo-européen Myrrha, un réacteur de

type ADS (Accelerator Driven System), c'est-à-dire propulsé par un accélérateur de particules. Selon ses concepteurs, ce futur réacteur (qui devrait être mis en service en 2026) permettra de produire des radio-isotopes médicaux et de participer activement aux recherches sur la maîtrise de la fusion nucléaire (comme Iter) et sur la transmutation, pour laquelle il serait particulièrement adapté. Mais là encore, c'est plus sur le moyen long terme que les premiers résultats sont attendus.

Quels que soient les délais, c'est donc bien sur la réduction, voire la suppression de la période radioactive, que se focalisent les principaux programmes de recherche. S'ils aboutissent, comme une partie des opposants au projet Cigéo veulent le croire, ces programmes bouleverseraient complètement la doctrine actuelle de gestion des déchets radioactifs. Surtout si, dans le même temps (voir ci-contre notre article sur Iter), on parvenait à maîtriser la fusion nucléaire, qui produira en théorie beaucoup moins de déchets - et des déchets beaucoup moins dangereux - que la fission. La réversibilité de Cigéo jusqu'à 100 ans après sa mise en service sert d'ailleurs à ça : laisser à toutes ces technologies prometteuses le temps de mûrir et se donner une chance de les utiliser avant la fermeture définitive des portes du site de stockage profond.

(1) : [https://pngmdr.debatpublic.fr/images/contenu/page-clarification-controverses/PNGMDR\\_Clarification\\_controverses\\_VF.pdf](https://pngmdr.debatpublic.fr/images/contenu/page-clarification-controverses/PNGMDR_Clarification_controverses_VF.pdf)

## Iter fusionne les ambitions internationales

Actuellement en cours de construction sur le site de Cadarache, le réacteur expérimental Iter, financé par 35 pays, a pour ambition de reproduire les phénomènes à l'œuvre au cœur de soleil et maîtriser ainsi la fusion nucléaire. L'intérêt de cette technique, c'est que la fusion nécessite beaucoup moins de matières radioactives pour fonctionner que la fission, et qu'elle produit in fine beaucoup moins de déchets. « Quand le réacteur fonctionnera (pas avant 2030, nldr), il va générer essentiellement des déchets tritiés<sup>(1)</sup> », assure Joëlle

Elbez-Uzan, chef de la division « Sécurité nucléaire et environnement » d'Iter Organization, soulignant qu'à l'inverse des déchets de fission, ceux issus de la fusion « ont tous une période radioactive de l'ordre du siècle », contre plusieurs centaines, voire plusieurs millions d'années pour certains radioéléments produits par la fission. Une partie du tritium contenu dans ces déchets pourra être récupérée. Ceux destinés au stockage seront entreposés à sec, sur place, sur une durée de 20 ans, dans le périmètre de l'INB ITER, pour les refroidir et

laisser leur activité décroître naturellement. Ils seront ensuite pris en charge par le CEA, via l'installation Intermed, avec un stockage final sur l'un des sites de l'Andra, comme tous les déchets radioactifs. Selon Joëlle Elbez-Uzan, l'ensemble des déchets que produira Iter jusqu'à son démantèlement, à l'horizon 2050, représenteront 40 000 tonnes pour une activité totale de 44 térabecquerels.

(1) : contenant du tritium, un radioélément qui émet des rayonnements bêta de faible énergie. Sa période radioactive est d'environ 12 ans.

## GLOSSAIRE et liste des abréviations

**Actinides mineurs** : noyaux lourds formés en relativement faibles quantités dans un réacteur nucléaire par captures successives de neutrons à partir des noyaux du combustible.

**Activité (d'une source radioactive)** : vitesse de désintégration du matériau radioactif la constituant. Elle correspond au nombre d'atomes radioactifs qui se désintègrent par unité de temps.

**Atome** : comprend un noyau chargé positivement, autour duquel se déplacent des électrons chargés négativement. L'atome est neutre. Le noyau de l'atome comprend des protons chargés positivement, et des neutrons. C'est lui qui se transforme en émettant un rayonnement lorsque la radioactivité d'un atome se manifeste.

**Baromètre de l'IRSN** : l'IRSN suit l'évolution des attitudes et des opinions du grand public sur les risques et la sécurité grâce à des sondages réalisés par des instituts spécialisés.

**Colis (de déchets radioactifs)** : ensemble constitué du contenu (déchet ou combustible irradié) et du conteneur.

**Combustible usé** : combustible nucléaire qui, après avoir été irradié dans le cœur d'un réacteur, en est définitivement retiré.

**Contamination** : mise en contact du corps avec une source radioactive.

**Déchets radioactifs** : substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée, ou qui ont été requalifiées comme tels par l'autorité administrative en application de l'article L. 542-13-2.

**Deutérium** : isotope de l'hydrogène (masse atomique 2).

**Eau lourde** : désigne l'oxyde de deutérium (D<sub>2</sub>O), molécule composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes de deutérium.

**Élément radioactif** : élément dit radioactif lorsque son noyau est instable et qu'il relâche spontanément de l'énergie sous la forme de rayons alpha, bêta et gamma afin de tendre vers la stabilisation. Ce phénomène est appelé la désintégration.

**Entreposage de matières ou de déchets radioactifs** : opération consistant à placer ces substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, avec intention de les retirer ultérieurement.

**Exploitant** : comprend l'ensemble des acteurs industriels, de défense et de recherche qui utilisent des propriétés du noyau atomique ainsi que ceux qui gèrent le stockage des déchets radioactifs.

**Fissile** : les noyaux fissiles sont susceptibles de subir une fission, quelle que soit l'énergie des neutrons qui les percutent.

**Fission nucléaire** : éclatement d'un noyau lourd en deux parties sous l'effet d'un bombardement de neutrons. Cette fission s'accompagne d'un important dégagement de chaleur et d'émission d'autres rayonnements, y compris de neutrons qui peuvent entretenir la réaction.

**Fusion nucléaire** : à partir de deux noyaux légers, formation d'un noyau plus lourd, accompagné d'un fort dégagement de chaleur.

**Isotope** : éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. On recense actuellement environ 325 isotopes naturels et 1200 isotopes créés artificiellement.

**ITER** : ITER est un projet de réacteur de recherche civil à fusion nucléaire situé à Cadarache.

**Maîtres d'ouvrage** : la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEN) et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sont les maîtres d'ouvrage du PNGMDR. Ils ont rédigé le dossier du maître d'ouvrage (DMO) pour le débat public du PNGMDR.

**Matière radioactive** : substance radioactive (c'est-à-dire qui contient des radionucléides, naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection) pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement.

**MOX** : combustible nucléaire à base d'oxyde mixte d'uranium et de plutonium.

**Myrrha** : projet belgo-européen d'un réacteur de type ADS (Accelerator Driven System).

**Période radioactive** : temps moyen nécessaire à un élément radioactif pour diminuer naturellement la moitié de son activité.

**Plutonium** : symbole Pu ; élément de numéro atomique 94 dont aucun isotope n'existe dans la nature.

**Propulsion nucléaire** : type de propulsion des navires, sous-marins et navires de surface, équipés d'un ou plusieurs réacteurs nucléaires produisant de la chaleur transformée en vapeur pour activer une turbine ou un ensemble électrique.

**Radionucléide** : espèce atomique radioactive, définie par son nombre de masse, son numéro atomique et son état énergétique nucléaire.

**Radiation** : ondes électromagnétiques ou de particules chargées d'énergie. Lorsque la radiation implique la présence de rayonnements ionisants, elle prend le nom d'irradiation.

**Radioactivité** : désigne généralement l'émission de rayonnements accompagnant la désintégration d'un élément instable ou la fission. La radioactivité artificielle est un phénomène de même nature que la radioactivité naturelle, les noyaux émetteurs étant alors produits en laboratoire ou dans les réacteurs nucléaires.

**Radiotoxique ou Radiotoxicité potentielle** : produit de l'activité d'une certaine quantité de radio nucléides par ingestion ; la dose reçue par un ensemble de personnes qui auraient incorporé cette quantité de matière.

**Radio-isotopes** : (contraction de radioactivité et d'isotope) ce sont des atomes dont le noyau est instable. Ils ont la propriété d'émettre des rayonnements utilisés en thérapeutique (télé-cobalthérapie), ou pour faire un diagnostic (iode, phosphore radioactif).

**Radium** : élément chimique de numéro atomique 88, de symbole Ra

**Rayonnement (ionisant)** : processus de transmission d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques capable de produire directement ou indirectement des ions en traversant la matière. Les rayonnements ionisants sont produits par des sources radioactives.

**Réacteur expérimental** : réacteur nucléaire de recherche qui n'est pas destiné à la production d'électricité.

**Retraitement du combustible usé** : traitement dont l'objet est d'extraire les substances fissiles ou fertiles des combustibles usés aux fins d'utilisation ultérieure.

**Stockage de déchets radioactifs** : opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect des principes énoncés à l'article L. 542-1, sans intention de les retirer ultérieurement.

**Sécurité nucléaire** : recouvre la sécurité civile en cas d'accident, la protection des installations contre les actes de malveillance, la sûreté nucléaire, c'est-à-dire le fonctionnement sécurisé de l'installation et la radioprotection, qui vise à protéger les personnes et l'environnement contre les effets de rayonnements ionisants. (Loi transparence et sécurité nucléaire du 13 juin 2006).

**Sûreté nucléaire** : ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base, ainsi qu'au transport des substances radioactives, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets.

**Térabecquerel** : unité de mesure de l'activité d'un radionucléide du Système international (SI), valant 1012 becquerels, et dont le symbole est TBq.

**Thorium** : élément chimique, un métal de la famille des actinides, de symbole Th et de numéro atomique 90.

**Transmutation** : désigne la transformation, suite à une réaction nucléaire provoquée ou spontanée, d'un élément en un autre élément.

**Tritium** : isotope radioactif de l'hydrogène. Symbole : H3.

**Uranium** : élément chimique de symbole U et de numéro atomique 92. L'uranium 235 (isotope 235U) est le seul élément fissible naturel.

**Uranium appauvri** : Uranium dont la teneur en isotope 235 est inférieure à son niveau naturel (0,72 % en masse).

**Vitrifier** : solidifier, par mélange à haute température avec une pâte vitreuse, des solutions concentrées de produits de fission et d'actinides mineurs extraits par traitement des combustibles usés.

### Liste des abréviations

**ADS** : Accelerator Driven System

**AIEA** : Agence internationale de l'énergie atomique

**Andra** : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

**CEA** : Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives

**Cigéo** : Centre industriel de stockage géologique

**Cires** : Centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage

**CLI** : commission locale d'information

**CNDP** : Commission nationale du débat public

**FA** : faible activité

**FMA-VC** : déchets de faible et moyenne activité à vie courte

**INB** : installation nucléaire de base

**INBS** : installation nucléaire de base secrète

**IRSN** : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

**ITER** : Iter est un projet de réacteur de recherche civil à fusion nucléaire situé à Cadarache.

**HA** : haute activité

**MA** : moyenne activité

**PNGMDR** : Plan de gestion des matières et déchets radioactifs

**RESNUC** : Risques environnementaux et sûreté nucléaire

**TFA** : très faible activité

**VC** : déchets à vie courte, c'est-à-dire inférieure à 31 ans

**VL** : déchets à vie longue, c'est-à-dire supérieure à 31 ans