

## L'AVENIR DU NUCLÉAIRE



**François JACQ (CM89,** Docteur ENSMP 96) est directeur général de l'Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) depuis février 2000.

Avec une double formation en sciences et en sciences sociales, François Jacq a occupé, de 1997 à 1999, différents postes administratifs et stratégiques, notamment au ministère de la Recherche, de l'Education nationale et de la technologie. Il a également été enseignant chercheur (Centre de sociologie de l'innovation, Ecole nationale des Mines de Paris).

## La gestion des déchets radioactifs en France

### Panorama des déchets radioactifs

On considère qu'une substance est un déchet radioactif si, c'est un matériel ou un produit contaminé par des éléments radioactifs naturels ou artificiels et qu'il n'est plus susceptible de traitement complémentaire, de réutilisation ou de recyclage.

Les déchets radioactifs sont notamment issus de la filière électronucléaire. Néanmoins, de nombreux acteurs - des laboratoires de recherche, des centres hospitaliers et divers industriels - produisent annuellement des déchets qu'il faut également collecter, trier, traiter, entreposer ou stocker avec la même rigueur.

Les déchets sont classés en fonction de leur période radioactive, c'est-à-dire la durée au bout de laquelle la quantité de radioactivité a diminué de moitié et de leur niveau de radioactivité.

Période Activité	Période courte < 30 ans	Période longue > 30 ans
<b>TFA</b> Très Faible Activité	Projet de stockage de déchets TFA Développement en cours	
<b>FA</b> Faible Activité	Centre de stockage de l'Aube (anciennement centre Manche)	Recherches pour des projets de stockage pour éléments à vie longue
<b>MA</b> Moyenne Activité		
<b>HA</b> Haute Activité	Recherches menées dans le cadre de la loi du 30 décembre 1991	

On distingue en particulier :

- les déchets de très faible activité (TFA). Ce sont essentiellement des matériaux issus du démantèlement des installations nucléaires ou de la réhabilitation de sites industriels : gravats, béton, plâtres, sable et terre, briques et ferrailles ;
- les déchets faiblement et moyennement radioactifs à vie courte. Ce sont, par exemple, les gants, les filtres, les résines utilisés dans les centrales nucléaires, ainsi que certaines matières radioactives utilisées dans les hôpitaux et l'industrie ;
- les déchets faiblement radioactifs à vie longue. Ils proviennent, pour une large part, d'activités industrielles ayant utilisé et concentré la radioactivité naturelle (déchets radifères). Ils com-

prennent également les éléments graphites utilisés dans la filière "uranium naturel graphite gaz" (UNGG), qui a fourni les premières centrales nucléaires françaises ;

- les déchets moyennement radioactifs à vie longue. Ils sont issus des opérations de l'aval du cycle nucléaire, par exemple les coques et embouts, issus du retraitement des combustibles irradiés en centrales électronucléaires ou les boues provenant des stations d'épuration des usines de retraitement ;
- les déchets radioactifs de haute activité et à vie longue. Composés, pour l'essentiel, des résidus provenant du combustible utilisé dans les centrales nucléaires et retraité, ils représentent 1% du volume total des déchets, concentrent 90% de la radioactivité et se présentent sous forme de déchets conditionnés dans une matrice en verre.

### Le rôle de l'Andra

La loi du 30 décembre 1991 a confié à l'Andra, établissement public industriel et commercial, placé sous la triple tutelle des ministères chargés de l'indus-

trie, de la recherche et de l'environnement, la gestion à long terme de l'ensemble des déchets radioactifs présents sur le territoire français. L'Andra assume donc une responsabilité forte à l'égard de la collectivité nationale, en protégeant l'homme et l'environnement de la radioactivité contenue dans les déchets radioactifs. Ces derniers présentent en effet un risque s'ils sont mal connus, dispersés ou mis en contact avec la biosphère. Il convient donc de les gérer avec la plus grande rigueur, ce à quoi s'attache l'Andra.

L'Andra est un outil au service de la politique publique de gestion des déchets radioactifs. C'est pourquoi la puissance publique a souhaité déclin-

les missions de l'Andra dans le cadre d'un contrat quadriennal signé le 6 juillet 2001 entre les ministres chargés de l'industrie, de l'environnement, de la recherche, du budget et l'Agence. Ce contrat couvre la période 2001-2004. Il définit un cadre d'action et des priorités, formalise les objectifs et les échéances, et alloue les moyens nécessaires à leur réalisation :

Trois missions principales sont dévolues à l'Agence :

- **la mission industrielle** qui renvoie à la capacité de mettre en œuvre des solutions concrètes de gestion des déchets ;
- **la mission de recherche** qui recouvre les actions permettant d'explorer les modalités de gestion des déchets qui n'ont pas encore trouvé de devenir et de proposer les futures solutions de gestion à long terme ;
- **la mission d'information** et d'inventaire sur les déchets radioactifs qui procède d'un effort de production, de rassemblement et de diffusion de la connaissance afin de mettre à la disposition du plus large public un ensemble de données factuelles et vérifiables sur l'état des déchets.

Au titre de sa mission industrielle, plusieurs sites relèvent de la responsabilité de l'Andra : deux centres de stockage en surface de déchets de faible et moyenne activité à vie courte dont l'un, situé dans la Manche, est entré en phase de surveillance n'accueillant plus de colis de déchets depuis 1994 et l'autre, implanté à Soullaines-Dhuys, dans l'Aube, qui a accueilli, pour l'instant, un peu plus de 12% de sa capacité. Par ailleurs, le permis de construire a été accordé pour un futur centre de stockage des déchets de très faible activité (TFA), qui doit se situer sur la commune de Morvilliers dans l'Aube.

La mission de recherche est l'une des composantes essentielles du rôle de l'Andra. En effet, l'activité de recherche nourrit la capacité d'innovation et de proposition de l'Agence. Elle lui permet d'élaborer des solutions de gestion des déchets radioactifs sûres et respectueuses de l'environnement. Ces recherches sont conduites dans une optique finalisée, car elles doivent permettre d'apporter des réponses concrètes. Toutefois, elles reposent sur des travaux qui peuvent être très fondamentaux dans leur approche. Les domaines scientifiques qu'il est nécessaire de maîtriser pour aborder le cas des déchets radioactifs sont variés : sciences de la terre (géologie, géoprospective, géochimie, hydrogéologie...), physico-chimie, sciences des matériaux, sciences de

l'environnement, modélisation et calcul numérique...

Dans chacun de ces champs scientifiques, des compétences nombreuses existent. Il importe toutefois de les adapter aux questions propres à la gestion des déchets radioactifs. De ce fait, s'impose une mobilisation aussi large que possible de la communauté scientifique (universités et organismes de recherche français ou internationaux) pour pouvoir tirer parti de l'ensemble de l'expérience accumulée dans chaque discipline, adapter cette expérience au cas des déchets et susciter une véritable réflexion pluridisciplinaire. La conception de solutions innovantes se fondera sur cette capacité d'intégration des différentes approches scientifiques dans une vision d'ensemble.

L'Andra s'attache alors à proposer de nouvelles solutions pour la gestion des déchets, à mettre en lumière les grandes questions associées et, enfin, à susciter les réponses scientifiques les plus pertinentes. Elle est à la fois le catalyseur pour le développement de la connaissance et l'intégrateur des connaissances dans le cadre de ses projets, afin de les exploiter au mieux et de proposer au gouvernement, au législateur et au public tous les éléments nécessaires pour fonder leur appréciation sur les solutions envisageables pour la gestion des déchets radioactifs. Au titre de sa mission de recherche, l'Agence exploite le Laboratoire souterrain de Bure situé à la frontière de la Meuse et de la Haute-Marne, lequel constitue l'un des éléments du programme de recherche sur les déchets de haute activité et à vie longue.

En liaison avec sa mission d'information, l'Agence a notamment une mission d'inventaire, à savoir le recensement de tous les déchets, actuels (et notamment ceux qui résultent de recherches datant du siècle dernier) ou à venir (en projetant les quantités résultant du démantèlement de certaines centrales). Elle publie chaque année un rapport de l'état des connaissances sur la localisation des déchets radioactifs sur le territoire national.

Enfin, l'Agence inscrit son action dans le cadre d'une approche environnementale exemplaire. Cela suppose transparence et rigueur, à l'égard des communautés scientifiques comme des producteurs et d'un public plus large, avec lequel des échanges sont institutionnellement engagés par le biais de CLI (Commissions locales d'information) ou CLIS (Comité local d'information et de suivi). Il faut noter que l'Andra a obtenu, en 2001, le double certification ISO

9001 et ISO 14001, qui marque la reconnaissance du travail effectué en matière d'environnement.

D'une manière générale, les activités de l'Andra sont financées par les producteurs en application du principe pollueur-payeur. Son budget annuel est de l'ordre de 110 m€. Elle regroupe environ 350 personnes.

## Les différents volets de la gestion des déchets radioactifs

Chacune des catégories de déchets présentés ci-dessus fait l'objet d'un traitement adapté selon qu'il existe d'ores et déjà une solution industrielle ou que des recherches sont encore en cours pour préciser un mode de gestion.

### *Une solution industrielle pour les déchets faiblement et moyennement radioactifs à vie courte (FMA)*

Ces déchets sont largement issus de l'exploitation du parc électronucléaire et des installations industrielles associées. Ils représentent près de 90% du volume des déchets produits annuellement. Il s'agit typiquement de matières (gants, blouses...) ou de déchets technologiques porteurs de radioactivité. Ils peuvent également provenir de la médecine nucléaire, des laboratoires de recherche ou d'industriels utilisant la radioactivité, à titre auxiliaire, dans leurs activités.

Les déchets FMA ont été ceux qui ont trouvé le plus tôt une solution de gestion de long terme avec l'ouverture en 1969 du Centre de stockage de la Manche. Ce dernier a reçu son dernier colis en 1994. Après avoir accueilli 527 000 m<sup>3</sup> de déchets en 25 ans d'exploitation, il a été recouvert d'une "couverture" composée d'une membrane étanche et de plusieurs couches végétales, et qui a pour fonction de protéger le stockage et d'isoler les déchets de l'environnement sur le long terme. Le centre est donc entré en phase de surveillance pour plusieurs siècles. Cette surveillance se traduit par une multitude de contrôles pour s'assurer de l'intégrité de la couverture et du bon fonctionnement des installations. Environ 10 000 mesures radiologiques et chimiques sont réalisées chaque année sur les eaux, les sédiments, l'air et la chaîne alimentaire. Ces mesures permettent un contrôle précis et permanent de l'environnement, de la qualité des rejets et de l'efficacité des dispositifs de surveillance. Elles montrent que l'impact du centre sur son environnement est très faible et que les limites de radioactivité imposées

par la réglementation sont respectées.

Depuis le passage en phase de surveillance du Centre de la Manche, un nouveau centre de stockage en surface, géré par l'Andra, installé dans l'Aube sur la commune de Soulaines a pris la relève et accueille entre 12 000 et 15 000 m<sup>3</sup> de déchets par an. Il fonctionne maintenant depuis dix ans, a reçu 120 000 m<sup>3</sup> de déchets pour une capacité d'un million de m<sup>3</sup>. Cela correspond actuellement à plus de cinquante ouvrages de stockage réalisés sur le Centre. Celui-ci fait l'objet d'une surveillance environnementale minutieuse avec plus de 17 000 mesures par an qui n'ont pas montré d'impact significatif. Il faut également noter que

### *Une solution industrielle en perspective pour les déchets de très faible activité (TFA)*

Ces déchets, proches de la radioactivité naturelle, sont issus en grande majorité du démantèlement des installations nucléaires. Ils peuvent également provenir d'industries utilisant la radioactivité naturelle. Le choix a été fait en France de développer une solution de stockage spécifique pour les déchets TFA. Pour ces déchets, la responsabilité de définir une solution industrielle a été, de fait, confiée à l'Andra sous forme d'un centre de stockage de déchets TFA. Dès 1999, la concertation locale en vue du choix du site avait été lancée, dans l'Aube avec les populations, les collectivités et les élus



Photo ANDRA



Photo ANDRA Studio Durey

les colis de déchets accueillis sur le centre font l'objet d'un processus d'acceptation par l'Andra, sur la base d'exigences strictes et de contrôle de qualité chez les producteurs, contribuant ainsi à la sûreté globale de l'installation. Ainsi, près de 90% du volume annuel des déchets produits sont-ils accueillis dans des conditions de sûreté optimale, dans le cadre d'une installation industrielle offrant une solution définitive.

concernés. Prévu sur la commune de Morvilliers, à proximité du Centre de Soulaines dédié aux déchets de faible et moyenne activité, le Centre TFA a été déclaré d'utilité publique à l'automne 2001 et le permis de construire obtenu à l'été 2002, avec une mise en service industrielle envisagée pour 2003 pour une capacité de 650 000 m<sup>3</sup>. Il devrait occuper

une surface de plusieurs dizaines d'hectares et être exploité pour une trentaine d'années. Il constituera l'une des composantes importantes du dispositif d'ensemble de gestion des déchets radioactifs.

### *Un travail d'ingénierie pour développer des concepts de gestion des déchets de faible et moyenne activité à vie longue*

Ces déchets sont principalement issus de deux origines :

- d'une part, l'utilisation de matières premières naturellement radioactives. Il s'agit en particulier de déchets contenant du radium, notamment suite à l'utilisation intensive de cet élément dans les années précédant la seconde guerre mondiale ou d'objets incorporant des radioéléments de même nature (par exemple paratonnerres au radium). Ces déchets proviennent de sources très variées et dispersées géographiquement ;
- d'autre part, les déchets graphite issus des centrales électriques de première génération (filiale uranium naturel graphite gaz - UNGG).

Si ces déchets ont une teneur faible en éléments radioactifs, certains d'entre eux ont une longue durée de vie (période du radium 1 600 ans) qui ne permet pas de les accepter au Centre de l'Aube. A ce jour n'existe donc aucune solution industrielle définitive pour ces déchets. Les déchets graphite sont entreposés sur les sites de centrales de première génération, souvent encore en attente du démantèlement des installations. Les déchets radifères peuvent soit être présents sur des sites non encore assainis, soit déjà entreposés sur site ou sur des installations ad hoc. L'Andra conduit des projets de recherche permettant de définir des solutions de stockage. Une solution nominale de stockage en subsurface a été définie pour les déchets radifères à partir du milieu des années 1990. Dans le cas des déchets graphite, les recherches ont débuté plus tardivement. Elles consistent à examiner si le concept de stockage radifère peut être adapté au besoin en matière de graphite. Le calendrier actuel prévoit une mise en œuvre industrielle des projets pour la fin de la décennie.

Une roche argileuse a les propriétés nécessaires pour isoler durablement ces déchets de l'environnement. Le concept retenu pour un stockage en sub-surface repose sur un conditionnement rendant ces déchets insolubles (l'eau ne peut plus emporter d'éléments radioactifs ou chimiques) et sur un module de confinement au sein d'une épaisse couche d'argile, isolé par une couverture multicouche, assurant le confinement des émanations de radon.

En l'absence de solutions de gestion définitive, il est, par ailleurs, nécessaire de trouver des solutions palliatives, sous forme d'entreposage. C'est pour ce faire qu'a été examiné un projet d'entreposage destiné aux déchets issus des petits producteurs. Cet entreposage doit s'adresser en priorité aux déchets qui n'ont pas actuellement de solu-

tion d'attente satisfaisante. En d'autres termes, il ne paraît pas utile de déplacer sans nécessité des déchets d'une solution transitoire vers une autre solution transitoire. L'Andra s'est donc attachée à définir les inventaires de déchets qui pourraient être concernés (notamment les déchets issus de l'assainissement des sites pollués) et à proposer les solutions nécessaires.

### *Un cadre innovant pour la recherche de solutions sur les déchets à haute activité et à vie longue*

Ces déchets sont issus du processus de retraitement des combustibles usés sortis des centrales électronucléaires. On distingue :

- les déchets de haute activité (déchets vitrifiés) qui concentrent l'essentiel de la radioactivité issue du combustible (produits de fission et actinides mineurs) conditionnée dans une matrice en verre. Ces déchets représentent un faible volume (quelques milliers de m<sup>3</sup>) et se situent à une température élevée ;
- les déchets de moyenne activité à vie longue qui représentent les déchets technologiques du processus de retraitement ou des activités de recherche. Ils sont moins actifs, représentent un volume qui se chiffre en quelques dizaines de milliers de m<sup>3</sup> et ont une température peu élevée.

Bien qu'ils ne soient pas considérés comme des déchets, les combustibles usés font également l'objet d'études quant aux solutions de gestion pour le cas où ils ne seraient pas retraités.

Aucune solution de gestion définitive n'a encore été définie pour ces déchets. La loi du 30 décembre 1991 (transcrite depuis dans le code de l'environnement) a prévu qu'un programme de recherches de quinze ans devait permettre d'apporter des éléments pour un débat au Parlement en 2006.

Trois voies de recherche doivent être explorées :

- la séparation et la transmutation des éléments radioactifs présents dans les déchets, c'est-à-dire la possibilité par diverses transformations de réduire la radioactivité des déchets ;
- l'étude de la faisabilité du stockage en formation géologique profonde, correspondant à l'isolement des déchets par rapport à l'environnement ;
- le conditionnement et l'entreposage de longue durée, qui permettent à la fois de disposer d'enveloppes résistantes pour éviter toute dispersion des éléments radioactifs et de solutions d'attente pour

les conserver dans des conditions sûres avant toute décision.

Dans le prolongement de la loi, le gouvernement a décidé de confier la responsabilité des voies de recherche 1 et 3 au Commissariat à l'énergie atomique, la voie de recherche 2 étant explicitement confiée par la loi à l'Andra. Les recherches menées depuis 1991 devraient permettre de fonder une éventuelle décision en 2006.

Dans le cadre des études sur le stockage géologique, deux types de roches sont étudiés : argile et granite. Pour la première, l'Andra dispose du Laboratoire souterrain de Bure (voir plus haut), laboratoire en cours de construction, mais qui a déjà permis d'apporter de nombreuses données et de bâtir un modèle géologique d'ensemble du secteur. Pour le granite, aucun site pour un laboratoire n'a encore été identifié. L'Andra poursuit ses recherches en liaison avec ses homologues étrangers, notamment pour apprécier les performances d'ensemble des granites français. Dans tous les cas, l'enjeu technique principal est d'établir la faisabilité du stockage en formation géologique profonde. Au-delà, la loi du 30 décembre 1991 a initié un processus d'examen social et politique qui doit permettre d'apprécier la pertinence d'une telle solution en liaison avec les autres voies de recherche.

En 2001, a été produit un dossier de synthèse sur les recherches dans le domaine des milieux argileux. Il s'agit d'un jalon important pour l'Agence car il permet de capitaliser les travaux conduits jusqu'à présent et de tirer les premières conclusions et enseignements pour le programme de recherche scientifique à venir. Il rassemble un ensemble de référentiels de connaissances (colis, géologie, matériaux, environnement et biosphère), des études d'ingénierie (concepts préliminaires de stockage et processus d'exploitation associés), une analyse du fonctionnement du stockage identifiant les différents phénomènes thermique, hydraulique, mécanique et chimique qui régissent son évolution, une analyse de sûreté comprenant une analyse qualitative tant à long terme qu'en phase d'exploitation, la description de scénarios d'évolution possible (dans une situation normale ou lors de défaillance) qui ont été modélisés et simulés afin d'apprécier l'impact quantitatif d'un stockage à long terme. A ce stade, il convient de noter que, avec un ensemble d'hypothèses pessimistes, aucun élément rédhitoire vis-à-vis de la conception d'un stockage n'est apparu. Un autre point essentiel est que l'Andra a développé, en réponse

à la demande du gouvernement, une conception originale de la réversibilité ; l'ambition en la matière était de fournir aux prochaines générations les moyens de pilotage scientifique et technique assurant une flexibilité optimale en matière de gestion des déchets radioactifs de haute activité et à vie longue.

L'originalité de la démarche française dans ce domaine a été saluée au plan international. Elle allie en effet innovation, rigueur scientifique, débat social et politique au sein d'une approche harmonieuse. Dans son champ de responsabilité, l'Andra entend, par la logique d'excellence qui anime sa politique scientifique et technique, apporter sa contribution à un enjeu social et politique de premier plan.

### **L'Andra au service de tous les déchets**

Afin de couvrir la gestion de l'ensemble des déchets radioactifs français sur le long terme, l'Agence s'est dotée de dispositifs rigoureux, dans une volonté de transparence, en veillant, chaque fois que possible, à associer partenaires français ou étrangers. On dispose aujourd'hui d'une bonne vision globale de la situation des déchets, vision d'ensemble qui sera encore améliorée par la réalisation de l'inventaire prospectif des déchets, décidé par le gouvernement sur la base du rapport remis en 2000 par Yves Le Bars, président du conseil d'administration de l'Andra. Les orientations actuelles permettent d'assurer que tous les efforts sont conduits pour disposer à terme de solutions de gestion pour l'ensemble des déchets passés et futurs, avec un souci de léguer aux générations à venir des outils flexibles, robustes et sûrs, dans une perspective de développement durable.

A l'interface entre les modélisations scientifiques les plus fines et les exigences sociétales de respect durable de l'environnement et des personnes, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs constitue un outil au service de la politique publique de gestion des déchets voulue par la collectivité nationale. Les enjeux sont de premier plan, ils supposent dialogue et exemplarité. Le dispositif législatif et organisationnel aujourd'hui en place constitue un atout précieux pour répondre aux nombreuses attentes