

DEBAT PUBLIC SUR LES DECHETS RADIOACTIFS

CNDP
Commission particulière

CONTRIBUTION AU DEBAT PUBLIC

Ministères

OPECST

Industriels

Acteurs
de la recherche

CNE

Analyse
contradictoire

Déchets radioactifs
de haute activité et de moyenne activité à vie longue :
situer le contexte, les enjeux et les perspectives.



Introduction

1) Le contexte :

d'où viennent les déchets radioactifs,
comment sont-ils gérés ?

p. 4-11

2) Les avancées permises par la loi de 1991 :

p. 12-21

3) Aujourd'hui :

le temps des choix

p. 22-25

4) L'apport du débat public :

p. 26-29

Fiches :

p. 31-39

Glossaire :

p. 40-43

Introduction

L'industrie nucléaire procure à notre pays une source d'énergie importante, lui assure l'accès à un kilowattheure électrique compétitif, permet de limiter nos émissions de gaz à effet de serre et garantit à la France un taux d'indépendance énergétique élevé. Comme toute industrie, elle génère des déchets, qu'il convient de gérer dans le respect de la santé des personnes et de la protection de l'environnement.

Ces déchets sont d'un volume relativement restreint mais ils sont, pour la plupart, radioactifs et donc potentiellement dangereux. C'est pourquoi les pouvoirs publics ont exigé que ces déchets soient gérés par leurs producteurs de manière très rigoureuse.

Pour certains d'entre eux (84% des volumes produits), des solutions pérennes existent et sont déjà mises en œuvre. Les autres déchets sont conditionnés et entreposés dans des installations sûres dans l'attente de la définition d'une solution de gestion à long terme. Une loi spécifique, la loi du 30 décembre 1991, dite «loi Bataille», a défini un programme de recherches ambitieux pour explorer les différentes solutions possibles de gestion à long terme pour certains de ces déchets. Cette loi prévoit que le Gouvernement transmettra en 2006 un projet de loi au Parlement au vu des connaissances acquises durant ces quinze années de recherches.

C'est dans ce contexte que, dès mars 2002, le Président de la République souhaitait qu'un grand débat public puisse être organisé en prévision de l'échéance parlementaire de 2006 et que les ministres en charge de l'industrie et de l'environ-

nement ont saisi, début 2005, la Commission nationale du débat public afin qu'elle organise et anime un débat sur ce thème.

Par leur contribution écrite au débat, les ministères en charge de l'industrie et de l'environnement souhaitent répondre à quelques questions clés que chacun peut légitimement se poser :

- 1** - D'où viennent les déchets radioactifs ? Quels en sont les risques ? Comment sont-ils gérés aujourd'hui, en France et dans d'autres pays ?
- 2** - La loi de 1991 a permis d'engager quinze années de recherches selon trois axes : quels résultats, quels avantages et inconvénients, quelles perspectives d'application pour chaque axe ?
- 3** - A l'issue de ces quinze ans, le temps des choix est venu : quelles sont les positions des experts scientifiques ? Quel sera le processus de décision ?

Les pouvoirs publics souhaitent enfin proposer quelques thèmes, qui, sans exhaustivité, pourraient être discutés à l'occasion des débats.

Dans un souci pédagogique, ce document synthétique fournit les repères pour mieux comprendre, chacun pouvant consulter en complément les contributions des experts, des industriels, des associations et des autorités d'évaluation et de contrôle.

1

Le contexte : d'où viennent les déchets radioactifs, comment sont-ils gérés ?

1.1. Le choc pétrolier et la mise en place de la filière électronucléaire en France

En 1973, la France, dépendante à 70% du pétrole pour sa production d'électricité, subit de plein fouet le premier choc pétrolier. Pour répondre à cette situation, comme dans d'autres pays de l'OCDE, l'Etat décide alors de lancer un ambitieux programme électronucléaire, qui a conduit à la construction du parc actuel de 58 réacteurs. Ils sont aujourd'hui à l'origine d'environ 80% de la production française d'électricité.

Suite à ce choix, Electricité de France (EDF) est devenu le premier producteur d'électricité d'origine nucléaire dans le monde ; des industriels français de tout premier rang ont vu le jour, en particulier le groupe AREVA. Les établissements de recherche, en particulier le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), ont enfin mené d'importants travaux sur cette filière.

Pour s'assurer de la sûreté des installations, les pouvoirs publics ont conçu un cadre juridique approprié et institué des organismes de contrôle indépendants des exploitants. Afin de répondre aux attentes légitimes des citoyens et des associations, des dispositions destinées à garantir la transparence et la concertation sur ce sujet ont progressivement été mises en place.

Le choix de la filière électronucléaire a permis à la France d'améliorer sensiblement son taux d'indépendance énergétique, de disposer d'une électricité compétitive et de limiter les émissions de gaz à effet de serre, dont les conséquences néfastes sur le climat sont établies de plus en plus clairement depuis quelques années.

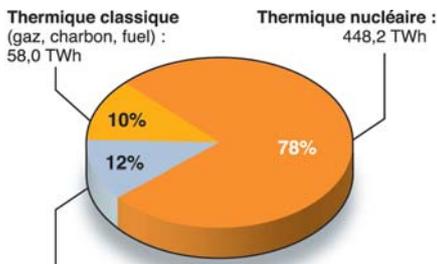
Les choix effectués par la France, il y a maintenant quarante ans, sont plus que jamais d'actualité. A l'issue du Débat national sur les énergies organisé en 2003 par le Gouvernement, un projet de loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique a été adopté par le Parlement le 23 juin 2005. Il privilégie l'amplification des économies d'énergie, le développement d'énergies renouvelables (comme l'hydroélectricité, la biomasse¹, le solaire ou l'éolien) et le maintien de l'option nucléaire ouverte.

Conforté par la hausse importante des prix du pétrole et la prise de conscience progressive des risques liés au changement climatique, ce choix français est aujourd'hui partagé par d'autres pays pour assurer leurs besoins en électricité, comme la Finlande, qui a décidé en 2004 de construire un cinquième réacteur, ou la Chine et l'Inde, qui s'appuient sur le nucléaire pour accompagner leur développement rapide. Aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne, cette option est à nouveau considérée par les pouvoirs publics.

1. Dans le domaine énergétique, ce terme désigne la production d'énergie par combustion de certains produits organiques végétaux ou animaux.

repères pour comprendre

1 Production brute d'électricité en 2004 - 572,2 TWh



Hydraulique, éolien et photovoltaïque : 66,0 TWh

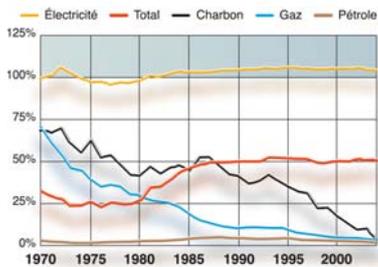
Source : Observatoire de l'énergie

2 Effet de serre

Certains gaz de l'atmosphère terrestre piègent une fraction de rayonnement solaire et maintiennent ainsi une température moyenne à la surface de la Terre de l'ordre de 15 °C, alors qu'elle s'établirait sinon à -18 °C. C'est l'accroissement de la concentration de ces gaz à effet de serre, liée à l'activité humaine, qui fait craindre aujourd'hui une augmentation de la température. Une telle augmentation, même de quelques degrés, aurait des conséquences imprévisibles et de très grande ampleur dans certaines zones du globe. L'énergie est au cœur du sujet, puisque les gaz à effet de serre issus de la combustion des énergies fossiles représentent environ les 3/4 des émissions d'origine humaine. Seules l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables sont non productrices de gaz à effet de serre.

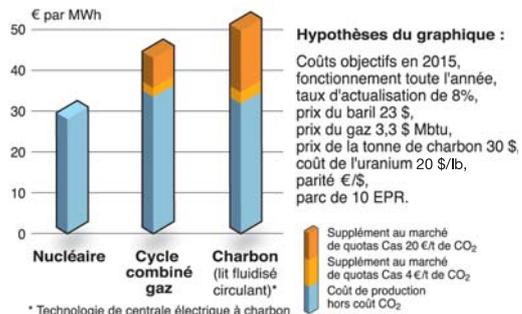
3 Indépendance énergétique

100% représente le seuil d'autonomie. Au-dessus la France exporte, au-dessous elle doit importer.



Source : Observatoire de l'énergie

4 Coût de référence de la production électrique



Hypothèses du graphique :

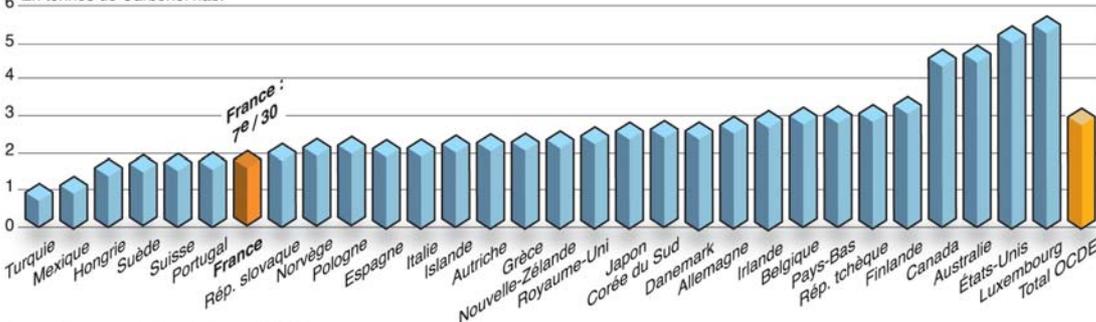
Coûts objectifs en 2015, fonctionnement toute l'année, taux d'actualisation de 8%, prix du baril 23 \$, prix du gaz 3,3 \$ Mbtu, prix de la tonne de charbon 30 \$, coût de l'uranium 20 \$/lb, parité €/\$, parc de 10 EPR.

Supplément au marché de quotas Cas 20 €/t de CO₂
 Supplément au marché de quotas Cas 4 €/t de CO₂
 Coût de production hors coût CO₂

* Technologie de centrale électrique à charbon
 Source : Etude des coûts de référence de la production électrique 2003 - DGEMP

5 Emissions de CO₂ par habitant

6 En tonnes de Carbone/hab.



Source : Observatoire de l'énergie d'après AIE/OCDE

1

Le contexte : d'où viennent les déchets radioactifs, comment sont-ils gérés ?

1.2. A chaque filière de production d'électricité ses avantages et ses inconvénients

L'énergie nucléaire, comme toutes les formes d'énergie, présente des avantages mais aussi des inconvénients qu'il convient de prévenir et de réduire. Ainsi, les risques d'accidents ou d'actes de malveillance sont prévenus et limités par un haut niveau de sûreté et de sécurité, assuré par les industriels et contrôlé par les pouvoirs publics et des autorités internationales. L'énergie nucléaire produit en outre des déchets radioactifs qui exigent des dispositions très rigoureuses afin d'assurer la protection de la santé des personnes et de l'environnement.

D'une façon plus générale, chaque énergie possède ses avantages et ses inconvénients. Les combiner dans un bouquet énergétique diversifié doit permettre de jouer sur leurs complémentarités pour assurer à la fois la sécurité de l'approvisionnement en énergie et un prix compétitif pour les entreprises comme pour les ménages, dans le respect de la protection de la santé des personnes et de l'environnement.

Par ailleurs, face aux inconvénients de chaque énergie, industriels et pouvoirs publics cherchent des réponses adaptées. Concernant l'énergie nucléaire, des efforts importants ont ainsi été faits en France pour assurer un haut niveau de sûreté et l'améliorer continûment.

Pour fournir au public une information claire, complète et objective, notamment aux populations habitant à proximité d'une installation nucléaire, des commissions

locales d'information ont été créées et réunissent les acteurs locaux concernés.

Sous l'impulsion des pouvoirs publics, une politique nationale de gestion des déchets radioactifs a été mise en œuvre, avec en particulier la création de stockages pour certaines catégories de déchets, le vote de la loi du 30 décembre 1991 et la création par cette loi d'un établissement public de l'Etat spécialisé dans cette thématique, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs ou Andra.

repères pour comprendre

1

Avantages et inconvénients des sources d'énergie disponibles

	Avantages	Inconvénients
Charbon	Abondant et bien réparti	Pollution, accidents de mine, effet de serre
Pétrole	Facile à transporter et à stocker	Moins abondant, géographiquement mal réparti, marées noires, effet de serre
Gaz	Peut souvent se substituer au pétrole, plus propre mais moins facile d'emploi	Géographiquement mal réparti, explosions, effet de serre
Nucléaire	Indépendance énergétique (uranium géographiquement bien réparti), faible coût du combustible, pas d'émission de gaz à effet de serre	Déchets radioactifs, risques d'accidents, de prolifération
Hydraulique	Renouvelable, bon marché	Saturation du potentiel hydraulique français, inondations de terres fertiles, risques de rupture de barrage, impact sur les milieux aquatiques
Solaire photovoltaïque	Renouvelable, abondant	Intermittence, coûts très élevés
Eolien	Renouvelable	Intermittence, coûts élevés, impact sur les paysages

2

Définitions

Sécurité nucléaire

Ensemble des mesures de prévention, de détection et d'intervention pour empêcher toute tentative d'accès non autorisée à des matières nucléaires et aux installations qui leur sont associées, ou toute action humaine non autorisée impliquant ce type de matières ou d'installations.

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 comportant une source de rayonnements ionisants, ainsi qu'au transport des matières radioactives, et destinées à prévenir des accidents et à en limiter les effets.

1

Le contexte : d'où viennent les déchets radioactifs, comment sont-ils gérés ?

1.3. Une connaissance détaillée de la situation des déchets radioactifs en France

Le caractère radioactif et potentiellement toxique des déchets issus de l'industrie nucléaire a conduit à leur consacrer une attention toute particulière. Pour bien les gérer, il est apparu nécessaire de les connaître de façon précise, et un important travail de classification et d'inventaire a été conduit.

Les déchets radioactifs ont été classés selon deux paramètres caractéristiques :

> le niveau d'activité, qui donne une indication du niveau de l'intensité du rayonnement radioactif à un moment donné et donc de leur niveau de «dangerosité» potentielle. Quatre niveaux ont été définis : très faible activité, faible activité, moyenne activité et haute activité ;

> la durée de demi-vie, dont on peut déduire la durée de dangerosité potentielle du déchet. En effet, la radioactivité des matières diminue régulièrement dans le temps. Cette décroissance se fait rapidement pour les déchets à vie très courte ou de façon beaucoup plus lente pour les déchets de longue durée de vie. Trois niveaux sont utilisés : vie très courte pour les déchets dont la radioactivité est divisée par 2 en cent jours ou moins, vie courte pour ceux dont la radioactivité est divisée par 2 en moins de trente ans et vie longue pour ceux dont la radioactivité est divisée par 2 en trente ans ou plus.

Des travaux de recensement des déchets radioactifs présents en France sont menés par l'Andra depuis une dizaine d'années. Ils ont donné lieu à la publication annuelle d'un inventaire géographique qui a été complété en 2004 par la publication d'un inventaire national de référence. Celui-ci donne une vision détaillée, par catégorie et par producteur, des quantités de déchets radioactifs existants et de leurs localisations. Les déchets radioactifs présents en France sont donc connus et inventoriés de manière précise. Ils représentent un volume faible par rapport aux déchets industriels produits chaque année.

En France, une politique de traitement et de recyclage des combustibles nucléaires usés a par ailleurs été mise en œuvre dès les années 1970 de façon à permettre, d'une part, la réutilisation d'une partie des matières valorisables (uranium et plutonium) pour produire de l'électricité et, d'autre part, le conditionnement, sous une forme adaptée, des déchets ultimes. Ce choix technique a permis d'économiser des ressources et, dans le même temps, de concentrer l'essentiel de la radioactivité dans un volume restreint. Ainsi, les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue concentrent à eux seuls 99,9% de la radioactivité totale des déchets mais ne représentent que 5% des volumes produits.

repères pour comprendre

1

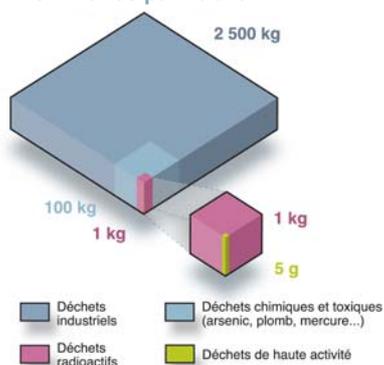
Volume des déchets en m³ équivalent conditionné

	Volumes existants 2002 stockés ou entreposés	Volumes prévisionnels 2010 stockés ou entreposés	Volumes prévisionnels 2020 stockés ou entreposés
HA (haute activité)	1 639	2 521	3 621
MA-VL (moyenne activité à vie longue)	45 359	50 207	54 509
FA-VL (faible activité à vie longue)	44 559	46 581	87 431
FMA-VC (faible et moyenne activité à vie courte)	778 332	913 900	1 196 880
TFA (très faible activité)	108 219	247 981	515 991
TOTAL	978 098	1 261 190	1 858 432

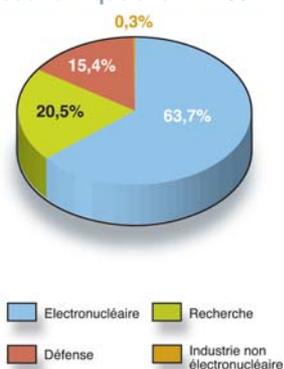
Source : inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables 2004 - Andra

2

Production annuelle de déchets industriels en France par habitant



Ensemble des déchets HA et MA-VL par secteur économique à la fin 2002



Source : inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables 2004 - Andra

1

Le contexte : d'où viennent les déchets radioactifs, comment sont-ils gérés ?

1.4. La mise en place d'une loi spécifique en 1991

Etant donné leurs caractéristiques (forte radioactivité et longue durée de vie), les déchets de moyenne activité à vie longue et de haute activité nécessitent des solutions de gestion spécifiques. Elles font l'objet de recherches organisées par la loi du 30 décembre 1991 (article L. 542 du Code de l'environnement), aussi appelée «loi Bataille», du nom de son rapporteur à l'Assemblée nationale.

Première loi à avoir été prise dans le domaine énergétique (jusqu'alors réservé au pouvoir exécutif), la loi Bataille a été adoptée à l'unanimité moins une abstention.

En premier lieu, cette loi pose le **principe d'une recherche importante et diversifiée**. Afin d'étudier différentes solutions de gestion possibles, elle a programmé une période de quinze années de recherches coordonnées par l'Andra et le CEA. Ces programmes ont impliqué l'ensemble de la communauté scientifique nationale (notamment le CNRS) et internationale.

Elle prévoit par ailleurs le principe **d'une évaluation indépendante** des travaux de ces organismes de recherche, en créant la Commission nationale d'évaluation (CNE), composée de douze experts scientifiques de haut niveau, français et étrangers.

En outre, elle a confié au **Parlement un rôle majeur dans ce dossier**. Ainsi, les rapports de la CNE lui sont annuellement présentés. Par ailleurs, des travaux importants sont menés par l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

(OPECST). C'est enfin au Parlement que reviendra la décision finale, puisque la loi prévoit l'organisation d'un nouveau rendez-vous parlementaire au plus tard en 2006.

Enfin, la loi de 1991 fixe le **cadre d'une concertation** sur ces sujets, notamment en prévoyant la création des comités locaux d'information et de suivi (CLIS), à proximité de certains équipements de recherche.

1.5. La gestion des déchets radioactifs : des filières industrielles d'ores et déjà mises en place

La gestion des déchets radioactifs est encadrée par les principes législatifs inscrits dans le Code de l'environnement et relatifs aux déchets, qu'ils soient radioactifs ou non. Le financement de leur gestion est ainsi assuré par les producteurs de déchets (essentiellement EDF, le CEA et le groupe AREVA) en vertu du principe «pollueur-payeur». En particulier, EDF intègre le coût prévisionnel de la gestion des déchets radioactifs au prix du kWh facturé au consommateur d'électricité.

En volume, 84% des déchets radioactifs produits – déchets de très faible activité, de faible et de moyenne activité à vie courte – font d'ores et déjà l'objet d'une filière de gestion industrielle mise en place et exploitée par l'Andra ; il s'agit des centres de stockage de l'Aube et de la Manche. Une solution de gestion a par ailleurs été développée pour les déchets de faible activité à vie longue (représentant 5% des déchets en volume) et doit être mise en œuvre.



Objet d'un moratoire de quinze ans fixé par la loi de 1991, aucune solution de gestion à long terme n'a été définie à ce jour pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Ils sont entreposés, dans l'attente d'une décision, au sein d'installations dédiées sur un nombre restreint de sites, principalement à La Hague (Manche) et à Marcoule (Gard), dans des conditions très sûres mais non définitives. Il incombe donc aux générations présentes, qui bénéficient de l'électricité nucléaire, de définir une solution de gestion pérenne pour ces déchets et d'assurer son financement.

Un plan national de gestion des déchets radioactifs et des matières valorisables (PNGDR-MV) est aujourd'hui en cours d'élaboration par les pouvoirs publics. Il sera disponible à la fin 2005 et dressera en un seul document un panorama complet des solutions déjà mises en œuvre ou restant à définir pour améliorer la politique globale de gestion des déchets radioactifs et des matières valorisables et la rendre plus claire et transparente.

1.6. Panorama international

Au-delà de la France, la question de la gestion des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue concerne tous les pays ayant recours ou ayant eu recours à l'énergie nucléaire. Aussi est-il intéressant de dresser un rapide panorama de la situation internationale, plus particulièrement pour ce qui concerne l'Europe et les Etats-Unis.

Des pays comme la Finlande, la Suède, l'Allemagne et les Etats-Unis ont d'ores et déjà fait le choix d'une solution de

gestion à long terme des déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue même si tous ne l'ont pas encore mise en œuvre. Ils ont retenu la voie du stockage en couches géologiques profondes. Ainsi, une des décisions les plus récentes est celle de la Finlande, dont le Parlement a approuvé le 18 mai 2001, par 159 voix contre 3, le principe d'un stockage réversible en couches géologiques profondes localisé dans la région d'Olkiluoto.

Au-delà, un consensus international autour de cette solution commence à se dégager, notamment dans le cadre des travaux techniques menés par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) (l'AIEA est une agence spécialisée de l'ONU qui regroupe 138 Etats membres et a pour missions essentielles le contrôle des matières nucléaires, la lutte contre la prolifération et l'amélioration de la sûreté nucléaire).

Pour les pays n'ayant pas encore fait le choix d'une solution de gestion technique (Canada, Royaume-Uni...), des processus ont été engagés de façon à recueillir les données scientifiques nécessaires pour qu'une décision politique puisse être prise dans les meilleures conditions démocratiques.

En France, un tel processus a été lancé avec la loi du 30 décembre 1991. L'originalité de cette loi est d'avoir élargi le champ des études à trois axes de recherche.

2 Les avancées permises par la loi de 1991

2.1. Une loi structurée autour de trois axes

Afin de mener des recherches sur l'ensemble des solutions de gestion raisonnablement envisageables pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue, trois axes ont été retenus dans la loi du 30 décembre 1991 :

> axe 1, la séparation poussée-transmutation : il s'agit d'étudier la possibilité de réduire la nocivité des déchets, en séparant les éléments les plus dangereux et à durée de vie longue afin de les transformer dans des réacteurs en éléments radioactifs à durée de vie plus courte ;

> axe 2, le stockage en profondeur : l'objectif est d'évaluer la possibilité de confiner les déchets au sein d'un milieu géologique aux propriétés favorables et dont on sait qu'il est resté stable sur de très longues périodes ;

> axe 3, le conditionnement des déchets et l'entreposage de longue durée en surface : l'entreposage doit permettre de gérer les déchets mais seulement sur une durée limitée. Au terme de cette durée, qui est elle-même un des objets des recherches, les déchets doivent être repris.

La coordination des recherches sur les axes 1 et 3 a été confiée au CEA, celle sur l'axe 2 à l'Andra.

Les programmes menés dans le cadre de l'axe 1 se sont appuyés soit sur des installations déjà existantes (en particulier le réacteur de recherche Phénix, situé à Marcoule), soit sur de nouveaux équipements expérimentaux, notamment le laboratoire Atalante, construit par le CEA sur le site de Marcoule. Les études relatives

à l'axe 3 ont été menées sur la base du retour d'expérience déjà acquis dans le cadre de l'exploitation des entreposages existants sur les sites de La Hague et de Marcoule ; à noter qu'un centre d'exposition pour le public a été récemment inauguré à Marcoule sous le nom de Visiatome et permet de voir en grandeur réelle des démonstrateurs de colis de déchets, de galeries d'entreposage...

Afin de mener les recherches sur l'axe 2, la loi de 1991 a permis de recourir à des laboratoires souterrains de recherche permettant d'étudier in situ les propriétés du milieu géologique. L'Andra exploite un tel laboratoire à 500 mètres de profondeur sur le site de Bure-Saudron, situé à la limite entre les départements de la Meuse et de la Haute-Marne. En complément des forages profonds réalisés depuis la surface, le creusement d'un ensemble de puits et de galeries souterraines a permis de mener des expérimentations directes sur la roche.

Pendant près de quatorze ans, des programmes de recherches importants ont été menés par des équipes de très haut niveau sur les trois axes. En témoignent notamment les résultats obtenus et l'effort budgétaire consacré par les industriels et les établissements de recherche.

repères pour comprendre

1

Code de l'environnement et gestion des déchets

Deux lois permettent de définir la notion de déchets, qu'ils soient radioactifs ou non, il s'agit de la loi du 15 juillet 1975 et de celle du 13 juillet 1992.

La loi du 15 juillet 1975 fixe les principes généraux de gestion des déchets qui sont appliqués dans le cadre de la gestion des déchets radioactifs :

- prévenir ou réduire la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la fabrication et sur la distribution des produits ;
- organiser le transport de déchets et le limiter en distance et en volume ;
- valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie ;
- assurer l'information du public sur les effets pour l'environnement et la santé publique des opérations de production et d'élimination des déchets, sous réserve des règles de confidentialité prévues par la loi, ainsi que sur les mesures destinées à en prévenir ou à en compenser les effets préjudiciables.

3

Un cadre législatif pour les recherches

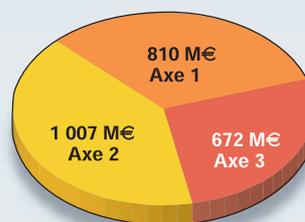
«Pour que les enjeux de la controverse actuelle soient exposés clairement [...], votre rapporteur propose que le débat soit porté devant le Parlement. Il appartient à la représentation nationale de se prononcer sur les propositions que pourra faire le Gouvernement sur un dossier qui se révèle être un des volets d'un vaste problème de société et où les choix à faire engageront les générations futures. [...] Il apparaît en effet indispensable que la représentation nationale puisse s'exprimer, non seulement au cours d'un débat d'orientation mais aussi sur un texte précis qui, une fois voté, constituera le cadre impératif de toutes les actions qui seront conduites par la suite dans le domaine de la gestion des déchets nucléaires et qui apportera aussi aux populations les garanties qu'elles sont en droit d'exiger.»

M. BATAILLE

Source : rapport de l'OPECST sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité, décembre 1990.

2

Moyens financiers consacrés aux axes de recherche sur la période 1992-2004



4

Le CLIS

«Il est créé, sur le site de chaque laboratoire souterrain, un comité local d'information et de suivi.

Ce comité comprend notamment des représentants de l'Etat, deux députés et deux sénateurs désignés par leur assemblée respective, des élus des collectivités territoriales consultées à l'occasion de l'enquête publique, des membres des associations de protection de l'environnement, des syndicats agricoles, des représentants des organisations professionnelles et des représentants des personnels liés au site ainsi que le titulaire de l'autorisation.

Ce comité est composé pour moitié au moins d'élus des collectivités territoriales consultées à l'occasion de l'enquête publique. Il est présidé par le préfet du département où est implanté le laboratoire.

Le comité se réunit au moins deux fois par an. Il est informé des objectifs du programme, de la nature des travaux et des résultats obtenus. Il peut saisir la Commission nationale d'évaluation visée à l'article L. 542-3. Le comité est consulté sur toutes questions relatives au fonctionnement du laboratoire ayant des incidences sur l'environnement et le voisinage. Il peut faire procéder à des auditions ou des contre-expertises par des laboratoires agréés.

Les frais d'établissement et le fonctionnement du comité local d'information et de suivi sont pris en charge par le groupement prévu à l'article L. 542-11.»

Source : loi de 1991, Article L. 542-13 du Code de l'environnement.

2

Les avancées permises par la loi de 1991

2.2. Une maîtrise d'ores et déjà accrue de la gestion des déchets radioactifs

Afin de diminuer les volumes de déchets produits annuellement et d'en assurer une gestion sûre, les procédés de gestion des déchets radioactifs ont fait l'objet de recherches industrielles dès la mise en place de la filière électronucléaire en France. Dans ce contexte, le vote de la loi de 1991 a conduit non seulement à explorer de nouveaux domaines scientifiques – en particulier sur les technologies les plus innovantes comme celles de l'axe 1 (séparation poussée-transmutation) – mais aussi à valoriser les recherches de nature industrielle déjà existantes, notamment concernant les thématiques de l'axe 3 (conditionnement et entreposage).

Certains résultats de recherche obtenus dans ce cadre ont ainsi déjà conduit à une réalisation industrielle avec un bénéfice immédiatement perceptible. Selon l'inventaire national des déchets radioactifs et des matières valorisables établi par l'Andra, **les recherches menées sur le conditionnement ont notamment permis une réduction du volume annuel des déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue d'un facteur supérieur à 6 par rapport à ce qui était prévu lors de la conception des usines de traitement de La Hague.**

Elles ont également permis de montrer **la tenue sur le très long terme de la matrice vitreuse, conditionnement retenu pour les déchets de haute activité.** Les scientifiques ont par ailleurs établi le caractère inerte et stable de cette matrice vitreuse et sa résistance aux effets des radiations des éléments qui la constituent sur des temps extrêmement longs.

Enfin, les recherches sur les entreposages de longue durée ont permis d'améliorer la performance et la sûreté des concepts. Des installations récentes et modulaires ont ainsi été construites sur des centres nucléaires, notamment le site de Marcoule et celui de La Hague. **Leur durée de vie**

est aujourd'hui estimée à une cinquantaine d'années, permettant d'assurer la protection des personnes et de l'environnement en attendant que des solutions pérennes soient identifiées, décidées et mises en œuvre.

Au-delà de ces résultats immédiats, il semble nécessaire de s'intéresser aux perspectives dessinées par les trois pistes de recherche fixées par la loi Bataille. Elles sont ici présentées selon une logique temporelle : des applications réalisables rapidement, aux applications à long terme.

2.3. L'entreposage de longue durée : l'extension d'une solution industrielle éprouvée

Les entreposages de longue durée étudiés dans le cadre de la loi de 1991 (axe 3) se distinguent des entreposages industriels actuellement exploités par leur durée de vie attendue : de 100 à 300 ans pour les entreposages de longue durée contre 50 à 100 ans environ pour les entreposages industriels.

Les études menées sur les entreposages de longue durée ont pu s'appuyer sur le retour d'expérience disponible dans le cas des entreposages industriels existants où des dispositions passives de sûreté² ont par exemple déjà été mises en œuvre. **La mise en service industrielle d'un entreposage de longue durée paraît donc envisageable à court terme.** Si une telle décision de principe était prise en 2006, l'entrée en service d'une telle installation pourrait intervenir dans un délai de dix ans environ. Elle pourrait aussi être différée pour utiliser au mieux les équipements existants.

Le choix d'un entreposage de longue durée ne pose pas de problème de faisabilité technique mais il soulève la question des contraintes portées sur les générations futures. La mise en œuvre d'un tel entreposage suppose en effet un contrôle actif de la société, présente et future, pendant la durée de son exploitation, ainsi qu'une reprise et une nouvelle gestion des déchets au terme de la période de 100 à 300 ans sur laquelle la sûreté de l'entreposage peut être assurée.

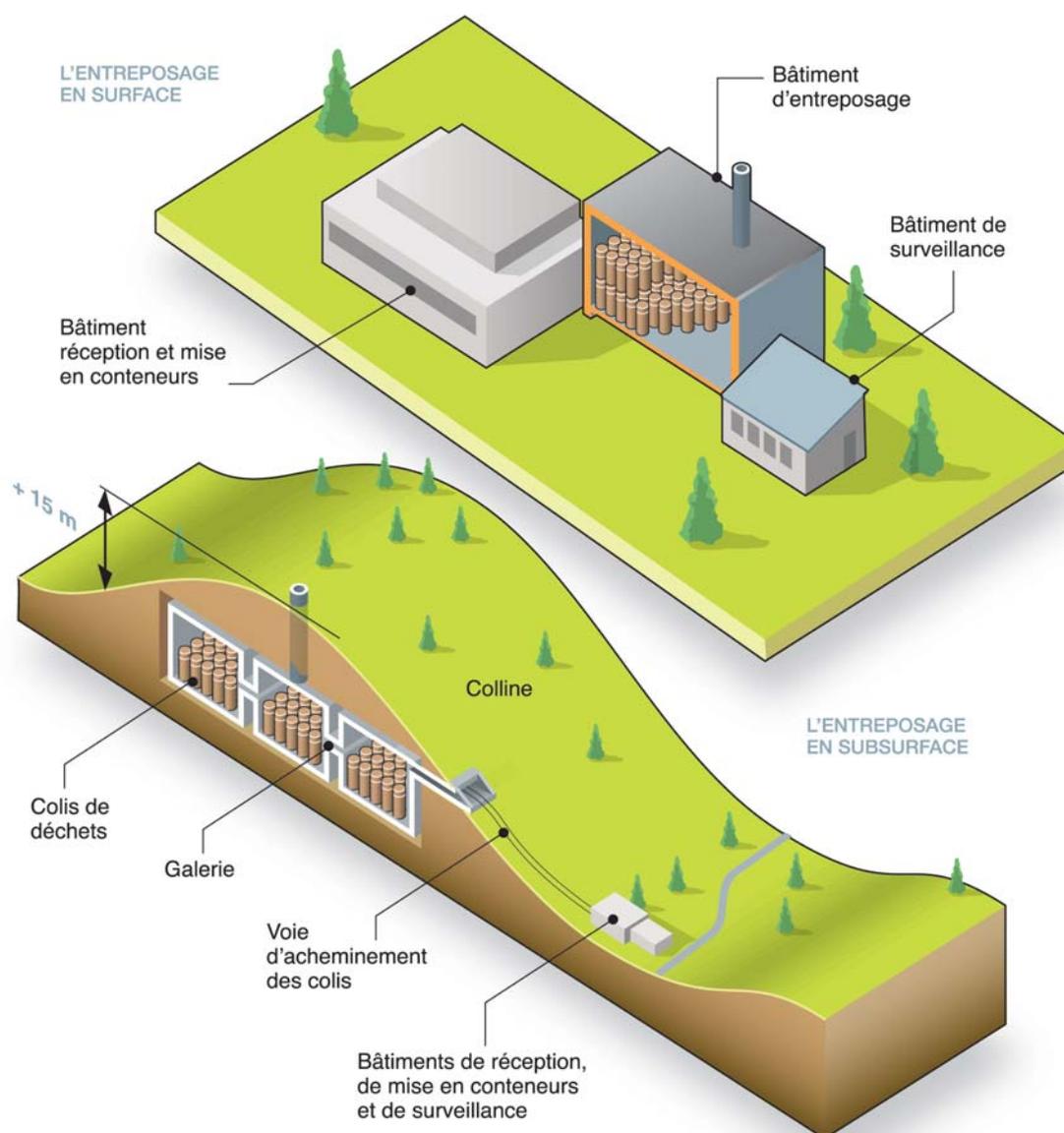
2. La sûreté d'une installation est dite passive lorsqu'elle repose sur des dispositions dont les performances ne dépendent pas d'une action volontaire ou d'un apport extérieur. Un système de ventilation utilisant la convection naturelle (l'air chaud monte, l'air froid descend) constitue par exemple un système passif.

repères pour comprendre

A SAVOIR

- L'entreposage de longue durée assure un maintien des colis en conditions sûres, tout en permettant leur reprise dans de bonnes conditions.
- L'entreposage en subsurface renforce la protection vis-à-vis d'éventuelles agressions externes.
- Au terme d'une durée comprise entre 100 et 300 ans, les colis de déchets entreposés en subsurface ou en surface devront être repris.

L'entreposage de longue durée en surface ou en subsurface



2

Les avancées permises par la loi de 1991

2.4. Le stockage souterrain : profiter des propriétés naturelles des formations géologiques

L'objectif premier d'un stockage souterrain est de protéger l'homme et l'environnement grâce à plusieurs barrières aptes à confiner la radioactivité sur de très longues périodes : colis abritant les déchets, installations du stockage, milieu géologique.

Dans le cadre de ses recherches sur le stockage souterrain, l'Andra a étudié en particulier deux milieux naturels : l'argile et le granite.

Les recherches menées par l'Andra ont notamment montré que la couche argileuse du site de Meuse/ Haute-Marne, vieille de 150 millions d'années et étudiée dans le laboratoire souterrain de Bure-Saudron, possède des caractéristiques favorables à un éventuel stockage souterrain : homogénéité de la couche, aptitude au creusement et faible perméabilité de l'argile. L'environnement géologique de la couche est par ailleurs stable, le risque de séisme étant très faible. Enfin, les études menées sur l'architecture d'un stockage ont permis de définir des concepts simples et robustes adaptés à la couche argileuse.

Sur ces bases, l'Andra considère donc que la faisabilité de principe³ d'un stockage en milieu argileux est acquise. Ce résultat fondamental sera analysé dans le cadre de différentes évaluations prévues d'ici à la fin 2005. Au-delà de cette première étape de faisabilité scientifique, l'Andra estime que quelques années d'études supplémentaires seraient nécessaires pour conforter les résultats déjà obtenus, affiner et optimiser les choix détaillés de conception, et déterminer, le cas échéant, un site précis de stockage.

Par ailleurs, les collaborations internationales de l'Andra ont permis d'étudier d'autres géologies, en particulier le milieu granitique. Ces recherches menées de «manière générique» (c'est-à-dire sur le granite en général et pas pour un site particulier) n'ont pas conclu à l'existence d'élément rédhibitoire à la faisabilité de principe d'un stockage dans le granite. Toutefois, la possibilité de trouver en France un massif granitique possédant les caractéristiques requises reste un sujet de débat entre scientifiques. La Commission nationale d'évaluation souligne en particulier que la situation des boucliers de granite canadiens et scandinaves, qui n'ont pas été soumis à des phases géologiques de fracturation, est plus favorable que celle des granites français.

A la demande des pouvoirs publics, les concepts de stockage développés par l'Andra sont réversibles. L'objectif est de permettre une éventuelle reprise des déchets, si un aléa imprévu se produisait ou si des progrès dans la gestion des déchets dégageaient de nouvelles solutions. Ceci n'empêcherait pas pour autant la fermeture du stockage, après une longue période d'exploitation et de surveillance, si les générations futures en décidaient ainsi. **La réversibilité laisse donc la possibilité d'avancer prudemment en permettant notamment de conforter par l'expérience et la surveillance les connaissances acquises lors de la phase de recherche.** L'Andra estime que cette phase de réversibilité pourrait être assurée pendant deux à trois siècles sans nécessiter d'interventions importantes sur les installations : pendant cette période, les colis de déchets seraient contrôlés et pourraient être, si nécessaire, récupérés et remontés.

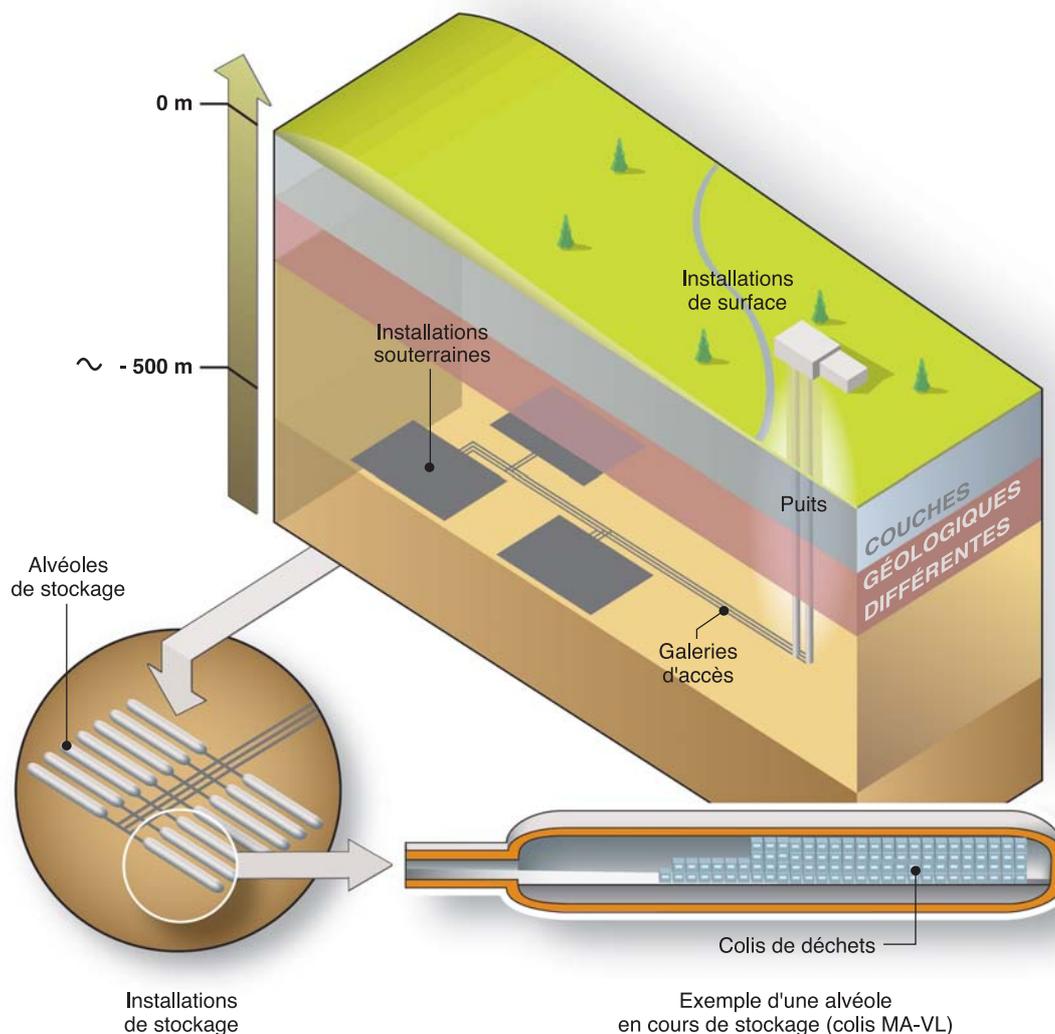
3. La faisabilité de principe du stockage en milieu argileux suppose qu'aucune impossibilité technologique n'a été rencontrée, que les caractéristiques du milieu géologique sont a priori favorables à la construction d'un éventuel stockage et qu'aucun élément rédhibitoire du point de vue de la sûreté n'a été identifié.

repères pour comprendre

A SAVOIR

- L'objectif d'un stockage en couches profondes est de protéger les personnes et l'environnement d'éventuelles atteintes liées aux déchets radioactifs en interposant plusieurs barrières aptes à confiner la radioactivité sur de très longues périodes :
- colis abritant les déchets ;
 - installations du stockage ;
 - milieu géologique.
- Un stockage réversible permet une reprise éventuelle des déchets.

Le stockage en couches géologiques profondes



2

Les avancées permises par la loi de 1991

2.5. La séparation poussée-transmutation : des perspectives séduisantes pour les déchets du futur

Le traitement des combustibles nucléaires usés permet aujourd'hui de séparer les éléments radioactifs non réutilisables des matières recyclables et d'immobiliser ces déchets ultimes dans des colis vitrifiés. Les recherches menées dans le cadre de l'axe 1 ont cherché à comprendre comment ce procédé pourrait être amélioré pour diminuer les quantités d'éléments radioactifs ainsi vitrifiés, notamment en cherchant à faire disparaître ceux dont les durées de vie sont les plus longues. La première étape consiste à extraire ces éléments : il s'agit de la séparation poussée. La seconde étape consiste ensuite à les transformer en éléments radioactifs à durée de vie plus courte ou en produits stables par réaction nucléaire dans des réacteurs : il s'agit de la transmutation.

Si le principe de l'axe 1 apparaît tout à fait pertinent, les problèmes scientifiques qu'il soulevait en 1991 représentaient alors de véritables défis scientifiques et technologiques. **Les efforts déployés par le pilote de cet axe, le CEA, en étroite coopération avec le CNRS et l'ensemble de la communauté scientifique française, ont conduit à des résultats scientifiques majeurs.**

Ces recherches ont ainsi permis de mettre au point et de tester, sur des échantillons, des molécules permettant «la séparation poussée» de différents éléments des déchets. En outre, les études ont permis d'établir dans quelle mesure ces éléments pourraient être «transmutables» : une telle opération serait envisageable pour certains d'entre eux (les actinides mineurs) mais semblerait difficile pour d'autres (les produits de fission) en raison des rendements très faibles qui seraient obtenus. Par ailleurs, pour les

différents cas de figure envisagés, de nombreuses recherches seraient encore nécessaires pour passer à des applications industrielles. Il s'agit en effet de mettre au point de nouveaux ateliers de séparation ou de nouveaux types de réacteurs nucléaires dont le **déploiement industriel est envisagé au plus tôt à l'horizon 2040-2045**. L'aboutissement des recherches menées sur la séparation poussée-transmutation nécessite donc à terme le maintien du recours à l'énergie nucléaire, notamment le renouvellement des installations et des réacteurs aujourd'hui exploités. Une telle décision devra probablement être instruite à l'horizon 2015-2020, date à laquelle les réacteurs les plus anciens devraient commencer à arriver en fin de vie et où la construction des premiers démonstrateurs des technologies de l'axe 1 (prototypes pour un atelier de séparation poussée, pour les réacteurs du futur...) pourrait être initiée.

En outre, les technologies de l'axe 1, aussi poussées soient-elles, ne permettront pas de réduire à zéro le volume et la radioactivité des déchets de haute activité produits. Cet axe de recherche s'inscrit donc dans une démarche d'optimisation, complémentaire des axes 2 et 3. Il vise à réduire la nocivité des déchets ultimes devant être finalement pris en charge dans le cadre d'entrepôts ou de stockages. A noter que les études menées dans le cadre de l'axe 1 montrent que l'application de cette technique pour les déchets produits déjà conditionnés dans des matrices stables, si elle était possible, serait en tout cas beaucoup plus complexe que pour des déchets du futur qui n'auraient pas été conditionnés dans de telles matrices.

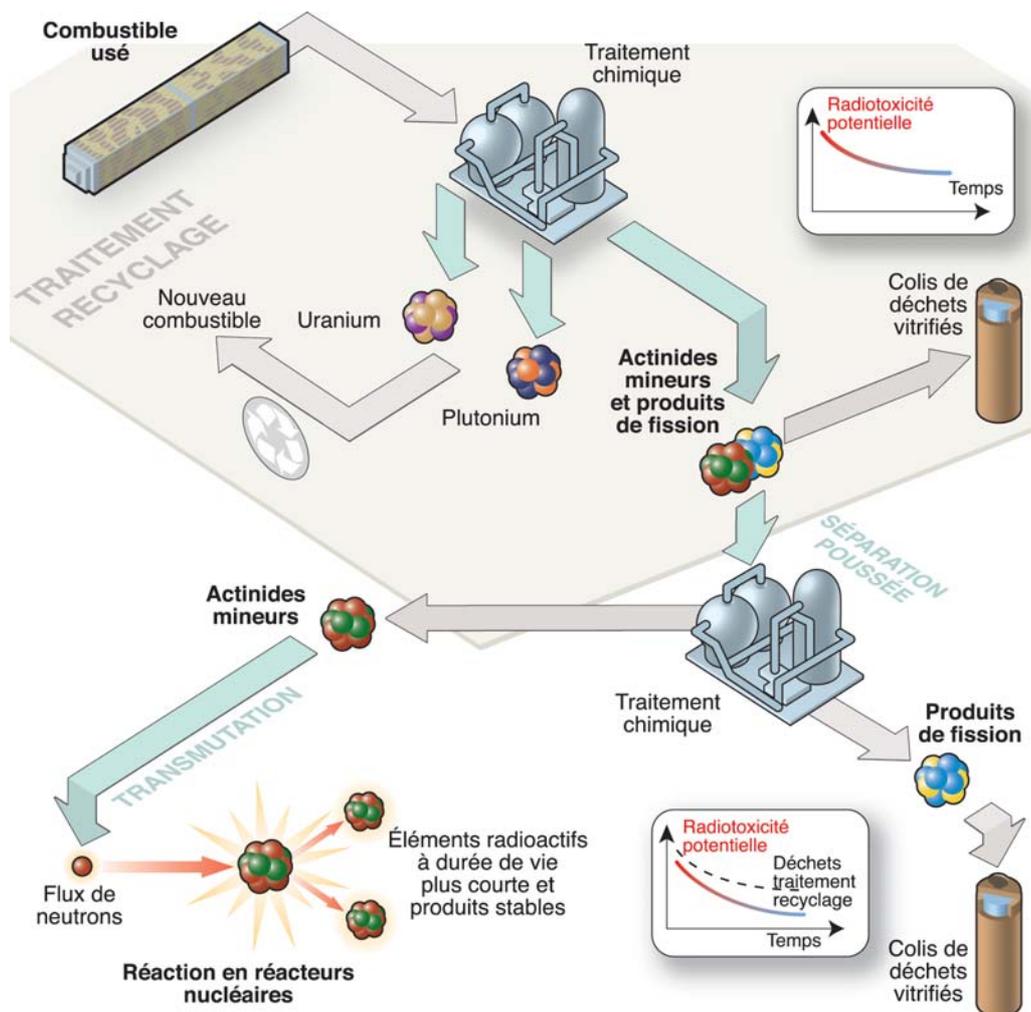
repères pour comprendre

A SAVOIR

- Il existe aujourd'hui plusieurs études en cours sur les réacteurs capables de produire cette opération, mais cette solution de gestion des déchets nécessite des équipements industriels très pointus et l'implantation de nouvelles usines.
- Cet axe de recherche ne paraît pas réalisable sur les déchets actuels ; il serait envisageable à partir de 2040, pour la gestion future des déchets.

La séparation poussée-transmutation

Dans un premier temps, la séparation poussée consiste à séparer les éléments radioactifs présentant les plus longues durées de vie (en particulier, les actinides mineurs) grâce à un traitement chimique approprié.



Dans un deuxième temps, la transmutation permet de transformer ces éléments radioactifs en éléments stables ou à durée de vie plus courte.

2

Les avancées permises par la loi de 1991

2.6. L'étendue des choix pour 2006

Les résultats de ces presque quinze années de recherches initiées par la loi du 30 décembre 1991 sont nombreux et de grande qualité. Ils permettent d'évaluer maintenant les différentes solutions de gestion envisagées en 1991.

Si la séparation poussée-transmutation offre des perspectives intéressantes pour le futur, elle ne permet pas de s'affranchir de la définition d'une solution de gestion pour les déchets ultimes qui en résulteraient et pour les déchets déjà conditionnés auxquels elle ne s'appliquerait pas. Pour gérer ces déchets, les résultats obtenus sur les axes 2 (stockage) et 3 (entreposage) apportent au législateur les éléments nécessaires à la définition d'une solution de gestion sûre et pérenne. Ceci est d'autant plus important que, pour certaines catégories de déchets, une très grande majorité d'entre eux a déjà été produite (par exemple pour les déchets de moyenne activité à vie longue).

Une importante recherche est nécessaire avant de pouvoir mettre en place, dans le futur, les technologies de l'axe 1 (séparation poussée-transmutation). Il est donc utile de préciser dès à présent les ambitions attendues afin de calibrer l'effort de recherche et de situer les différentes échéances envisageables pour la mise en place de ces technologies.

repères pour comprendre

1

Dates clés du processus de recherche depuis 1991

Dans le cadre des recherches pilotées par le CEA :

1995-2002 construction et développement progressif de l'installation Atalante à Marcoule puis conduite d'expérimentations visant à démontrer la faisabilité scientifique de la séparation poussée.

2002-2005 poursuite des expériences au sein d'Atalante dans l'objectif d'atteindre la faisabilité technique de la séparation poussée au cours de l'année 2005.

2004 publication des dossiers de connaissance et des modèles opérationnels pour le comportement à long terme de tous les colis de déchets.

2001-2005 travaux de rénovation du réacteur de recherche Phénix puis réalisation d'expériences en vue de démontrer la faisabilité scientifique de la transmutation.

1998-2005 conception puis réalisation de démonstrateurs technologiques de conteneurs et d'une galerie de démonstration d'entreposage en subsurface, études préliminaires et définition de concepts d'entreposage de longue durée.

mi-2005 remise aux pouvoirs publics des rapports de synthèse sur les axes 1 et 3.

Dans le cadre des recherches pilotées par l'Andra :

1992-1997 première phase des études menées sur la faisabilité d'un stockage en couches géologiques profondes (travaux de conception, recherche de sites pour un laboratoire, première sélection des concepts).

1998 sélection du site de Meuse/Haute-Marne par le Gouvernement suite aux études menées au sein de la première phase et définition du programme d'expérimentations.

1999-2005 approfondissement des connaissances, construction du laboratoire, publication de deux rapports d'étape (en 2001 sur l'argile et en 2002 sur le granite).

mi-2005 remise aux pouvoirs publics du rapport de synthèse sur l'axe 2.

2

Les perspectives à partir de 2006

Au-delà de ces premiers résultats, dans le cas où l'examen parlementaire de 2006 conclurait à la poursuite de ces différentes voies de recherche, les établissements de recherche estiment aujourd'hui que les prochaines étapes pourraient être les suivantes :

2006-2015 poursuite des études sur le stockage réversible en couches géologiques profondes pour compléter les séries de données sur le milieu argileux, optimiser les concepts retenus et réunir les éléments nécessaires à la localisation d'une éventuelle installation de stockage ainsi qu'à la production d'un rapport de sûreté complet.

2006-2015 poursuite des recherches sur la séparation poussée et la transmutation.

2015 réalisation d'un bilan complet sur les technologies de l'axe 1 et choix éventuels de démonstrateurs pour la séparation poussée et les réacteurs du futur.

2025-2030 début d'exploitation d'une éventuelle installation de stockage réversible en couches géologiques profondes. Exploitation éventuelle de prototypes pour la séparation poussée-transmutation.

3 Aujourd'hui, le temps des choix

Les recherches menées dans le cadre de la loi de 1991 ont donc permis d'obtenir de nombreux résultats qui ouvrent des choix en termes d'options de gestion pour les déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue. Il est de la responsabilité des générations présentes, qui ont bénéficié de l'électricité d'origine nucléaire, de mettre en place une solution de gestion pérenne pour ces déchets. Il convient d'ailleurs de souligner qu'une telle solution de gestion devra être définie pour ces déchets quelles que soient les décisions futures de la France en matière de politique énergétique, puisque de tels déchets ont déjà été produits depuis la mise en place du parc électronucléaire.

Pour ce faire, en complément des évaluations externes et des propositions de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, le processus à venir, notamment via le débat public organisé sous l'égide de la CNDP, permettra au Gouvernement de récolter tous les éléments nécessaires pour élaborer le projet de loi qui sera présenté début 2006 au Parlement.



À savoir

La Commission nationale d'évaluation est composée de douze experts scientifiques de haut niveau dont :

- six personnalités qualifiées dont au moins deux experts internationaux, désignées à parité par l'Assemblée nationale et le Sénat, sur proposition de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques ;
- deux personnalités qualifiées, désignées par le Gouvernement sur proposition du Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaire ;
- quatre experts scientifiques, désignés par le Gouvernement sur proposition de l'Académie des sciences.

3.1. L'apport des évaluations externes

Le principe d'une évaluation rigoureuse des recherches est inscrit dans le texte même de la loi du 30 décembre 1991. Celle-ci a en effet institué la Commission nationale d'évaluation (CNE) chargée de juger annuellement des recherches menées par les établissements.

La CNE remettra au Gouvernement et au Parlement un rapport global d'évaluation sur les recherches début 2006. Elle a par ailleurs édité en juin 2005 son onzième rapport annuel, dont les conclusions sont jointes en intégralité dans le dossier du débat. D'ores et déjà, les experts de la CNE ont ainsi indiqué que les résultats obtenus donnent au législateur les éléments nécessaires à une décision pertinente :

> sur l'axe 1 : la CNE souligne que les études sur la transmutation, qui est une technologie vraiment très innovante, nécessitent encore de nombreuses recherches ;

> sur l'axe 2 : la CNE a noté l'ampleur des résultats acquis et estime que les données obtenues seront suffisantes pour permettre en 2006 au législateur, si ce dernier le souhaite, d'arrêter une décision de principe pour cet axe ;

> sur l'axe 3 : la CNE a noté la qualité des conditionnements industriels adoptés pour les déchets de haute activité. Elle estime que l'entreposage en surface est une réalité industrielle maîtrisée, mais exprime des réserves sur la pérennité d'une installation d'entreposage de longue durée au-delà du siècle.

En complément de cette évaluation périodique et à la demande des ministères en charge de l'industrie et de la recherche, une «revue internationale de pairs» a été menée sous l'égide de l'OCDE en 2001 sur les travaux de l'Andra en géologie argileuse. Elle a souligné la qualité du travail accompli et le nombre important de résultats obtenus. Elle a également recommandé certains approfondissements techniques. Une nouvelle revue internationale sur les résultats de l'Andra obtenus en géologie argileuse est programmée en 2005, de façon à évaluer le dossier de synthèse de l'Agence et à voir dans quelle mesure les recommandations de la première revue ont été prises en compte.

Quelles qu'elles soient, les décisions prises par le Parlement et par le Gouvernement à l'issue des travaux de recherche sur la séparation poussée-transmutation, le stockage géologique et l'entreposage de longue durée devraient selon toute vraisemblance conduire à terme à la création d'une ou de plusieurs installations nucléaires. C'est pourquoi la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) a contrôlé, du point de vue de la sûreté, le développement des recherches conduites par l'Andra et le CEA. Au vu du dossier présenté en 2001 par l'Andra, la DGSNR estime qu'il n'a pas été constaté d'élément réhibitoire et que l'Andra sera en mesure de disposer en 2005 de suffisamment d'éléments concernant le site de Meuse/Haute-Marne pour se prononcer sur la possibilité d'y construire un jour un éventuel stockage. La DGSNR conduira une nouvelle évaluation de sûreté sur la base du dossier de synthèse remis par l'Andra mi-2005. Elle fera connaître son avis d'ici au début de l'année 2006. Concernant l'axe 1, l'état d'avancement des concepts, qui en sont encore au stade de la recherche fondamentale, a conduit la DGSNR à ne pas émettre de jugement à ce stade. Concernant les entreposages de longue durée, la DGSNR considère que ces installations devraient être entretenues de façon à maintenir l'intégrité des barrières de confinement de la radioactivité dans les colis de déchets. Cela supposerait la pérennité des institutions sur de longues périodes.



Mot-clé

«Revue de pairs»

Il s'agit d'une équipe constituée de scientifiques de haut niveau provenant de différents pays. Cette équipe a été sélectionnée par l'OCDE pour mener une expertise indépendante sur les travaux de l'Andra.



À savoir

Le rapport de l'OPECST est consultable sur Internet (http://www.assemblee-nationale.fr/12/dossiers/dechets_radioactifs.asp).

3.2. La position de l'OPECST

L'implication de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) sur le thème de la gestion des déchets radioactifs de haute activité remonte à 1990 avec la publication du rapport de Christian BATAILLE, qui a largement inspiré la loi du 30 décembre 1991, dont il fut également le rapporteur. Depuis, l'Office a publié plusieurs rapports consacrés à ce sujet, dont le dernier, présenté en mars 2005, s'intitule «Pour s'inscrire dans la durée : une loi en 2006 sur la gestion des déchets radioactifs».

Les députés Claude BIRRAUX et Christian BATAILLE dressent dans ce rapport une synthèse des acquis issus des recherches menées sur les trois axes de la loi de 1991 complétée d'un panorama international, dans le domaine de la gestion des déchets, de l'avancement des différents pays ayant recours à l'énergie nucléaire.

Invoquant des principes de responsabilité et d'éthique, les parlementaires insistent notamment sur l'importance d'aboutir à une décision en 2006 : *«Il nous appartient, après avoir bénéficié de l'électricité nucléaire, de mettre en place le plus vite possible des solutions opérationnelles correspondant à la sûreté maximale.»*

En conséquence, les députés ont préconisé un certain nombre de recommandations opérationnelles pour l'après-2006. Ils ont notamment mis en évidence **la complémentarité des trois axes de recherche** dans l'objectif de disposer d'une gamme de solutions techniques adaptées à la nature des déchets :

> pour les déchets de haute activité, ils proposent ainsi de recourir au stockage réversible en couches géologiques profondes ;

> pour les déchets de moyenne activité : des solutions pourraient être développées à partir de concepts étudiés pour les déchets de haute activité, notamment le stockage réversible et l'entreposage de longue durée ;

> pour les déchets du futur : ils proposent de fixer la séparation poussée-transmutation comme objectif ultime de recherche.

3

Aujourd'hui, le temps des choix

En outre, l'Office considère que l'entreposage de longue durée pourrait également offrir une solution pour les combustibles usés n'étant pas immédiatement retraités après leur sortie de réacteur.

Ils présentent enfin des étapes et des dates clés permettant de mettre en œuvre une telle stratégie : *«Le Parlement pourrait fixer comme objectifs à l'action des pouvoirs publics les dates de 2016 pour la mise en service d'un entreposage de longue durée et l'autorisation de construction d'un stockage réversible en formation géologique, 2020-2025 pour la mise en service d'un réacteur démonstrateur de transmutation et la mise en service du stockage géologique, et 2040 pour la transmutation industrielle.»*

3.3. Le processus à venir

Les rapports de synthèse des organismes de recherche ont été remis aux ministres à l'occasion d'un colloque organisé le 30 juin 2005. Ils marquent l'achèvement de quatorze années de recherche et constituent le socle de connaissances scientifiques nécessaires pour fonder une décision sur la gestion des déchets radioactifs. Ils feront l'objet au second semestre 2005 des divers travaux d'évaluation (Commission nationale d'évaluation, DGSNR, revue par les pairs sous l'égide de l'OCDE).

Complémentaire des évaluations scientifiques et techniques, le débat public organisé de septembre à décembre 2005 permettra à chacun de disposer d'une information accessible sur le sujet de la gestion des déchets radioactifs et au Gouvernement de recueillir les attentes des citoyens et de les intégrer à la réflexion qui sera menée au tout début 2006, afin de formaliser un projet de loi. Ces éléments seront alors transmis au Parlement, qui devrait se prononcer au premier semestre 2006.

4

L'apport du débat public

4.1. Une rencontre entre le public et les acteurs «institutionnels» du débat

Ce débat doit d'abord s'entendre comme un temps d'échange et d'information. Il permettra notamment à chacun, quel que soit son niveau de connaissance, de dialoguer avec les «experts» du sujet, chercheurs, industriels ou membres d'associations, à l'occasion des nombreux événements qui seront organisés par la CNDP. Des réponses pourront ainsi être apportées à toutes les questions de compréhension du sujet ou aux questions plus techniques concernant les résultats de la recherche et les caractéristiques des trois axes de recherche. Ceci apparaît d'autant plus important que les différents sondages ou enquêtes d'opinion réalisés sur le sujet montrent que le niveau de connaissance des Français sur ce thème reste limité.

Sondages et enquêtes d'opinion

Une étude publiée récemment par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire montre que les déchets radioactifs sont loin d'être une source d'inquiétude citée spontanément par les personnes interrogées mais qu'en revanche lorsque ce sujet est abordé volontairement par le sondeur, alors les questions sont multiples. Ainsi, concernant la hiérarchie des risques, seuls 10% des Français considèrent le risque nucléaire comme le problème le plus préoccupant en France. En revanche, 58% des Français estiment que les risques liés aux déchets radioactifs sont élevés.

4.2. Quatre thèmes soumis au débat

Au-delà de l'information, et s'agissant d'une consultation, la CNDP remettra au Gouvernement un compte-rendu des interventions et des attentes exprimées par le public au cours des différentes manifestations. Le Gouvernement a d'ores et déjà identifié quatre thèmes sur lesquels le débat pourrait porter, sans exhaustivité.

> Quelle(s) solution(s) de gestion retenir pour les déchets existants et à venir ?

Les résultats de recherche offrent un véritable choix pour les déchets existants entre l'entreposage de longue durée et le stockage réversible. Ils permettent également d'entrevoir les améliorations potentielles pour les déchets du futur, dont il faut définir les ambitions. Sur la base des solutions envisageables, de leurs avantages et inconvénients respectifs ainsi que de leur maturité technique et industrielle, il est nécessaire de définir une solution de gestion sûre et pérenne pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue.

Que faire à terme des déchets radioactifs actuels aujourd'hui entreposés à Marcoule et à La Hague ? Faudra-t-il les rassembler dans un entreposage de longue durée ou dans différents entreposages de longue durée de plus petite taille, ou bien faut-il privilégier le stockage réversible en couche géologique ? Comment les générations présentes peuvent-elles assumer la responsabilité qui leur incombe d'identifier et de mettre en œuvre des solutions de gestion sûres pour les déchets produits, tout en laissant aux générations futures la possibilité de faire différemment selon l'évolution des connaissances ? Choisir l'entreposage, c'est plutôt compter

sur les sociétés présentes et futures, en conservant les déchets «à proximité». Opter pour le stockage, c'est s'appuyer sur la robustesse d'une installation construite dans une couche géologique profonde et très ancienne, tout en permettant une mise en œuvre progressive et contrôlée par la réversibilité et la surveillance. Dans ce cadre, doit-on ou non distinguer le cas des déchets de haute activité de ceux de moyenne activité à vie longue ?

Que doit-on entendre par réversibilité du stockage ? Comment appliquer ce principe de façon pratique ? Faut-il maintenir totalement «ouverte» une installation de stockage de façon à conserver une possibilité d'intervention pour les générations futures ? Doit-on au contraire envisager la possibilité qu'à terme l'installation soit fermée de façon à bénéficier pleinement des capacités de confinement du milieu géologique ? Si oui, comment franchir cette étape importante : quand cela pourrait-il intervenir, à quelles conditions et avec quelle faculté de revenir en arrière ? Doit-on laisser le choix au Gouvernement ? Doit-on plutôt prévoir comme en Finlande l'intervention du Parlement pour décider de la fermeture de l'installation ?

Quel avenir donner aux recherches sur la séparation poussée-transmutation ? Doit-on poursuivre dans cette voie qui pourrait permettre de réduire la nocivité de certains des déchets en utilisant des réacteurs nucléaires de nouvelle génération ? Si oui, selon quel rythme, dans quelles conditions, pour quels types de déchets et avec quelle ambition, notamment quant au taux de réduction de la nocivité ? Que faire des déchets qui ne pourraient pas être séparés ou transmutés ? Comment articuler ces recherches avec les programmes de recherches internationaux sur les réacteurs électronucléaires du futur dits de 4^e génération ?

> Quelles étapes après 2006 ?

La loi de 1991 avait confié un rôle majeur au Parlement et initié une période de quinze années de recherches devant conduire en 2006 à la transmission par le Gouvernement d'un projet de loi au Parlement. Etant donné l'avancement des programmes de recherches, une discussion de principe sur les différentes solutions de gestion est envisageable dès 2006. Au-delà, quel serait le calendrier de mise en œuvre ?

Concernant un stockage en couche argileuse profonde (axe 2), ce n'est qu'à l'horizon 2015 qu'une construction pourrait être engagée sur une implantation précise. Concernant les recherches sur la séparation transmutation (axe 1), les établissements de recherche concernés estiment pouvoir rendre ces outils opérationnels au plus tôt à l'horizon 2040, cette date faisant encore l'objet de discussions soutenues entre les experts en raison des nombreux défis technologiques devant encore être relevés d'ici là.

Dans ce cadre, comment construire le processus de décision au-delà de 2006 ? Quand doivent intervenir débats publics et enquêtes publiques ? Quels rôles pour le Parlement, le Gouvernement et les collectivités locales concernées ?

> Quelle information sur le sujet ?

La loi de 1991 prévoit la mise en place d'un comité local d'information et de suivi (CLIS) à proximité des laboratoires souterrains, elle a chargé l'Andra d'une mission d'information du public et elle a institué la CNE.

Si elles étaient nécessaires, ces mesures sont certainement perfectibles. Ainsi, les débats au sein du CLIS de Bure n'ont pas toujours permis à la population de bien comprendre le sujet.

Enfin, d'une façon plus générale, le niveau de connaissance des Français sur cette thématique reste limité. Dans le cadre de leur rapport, les députés Christian BATAILLE et Claude BIRRAUX ont bien mis en évidence cette problématique : *«Il est incontestable que des progrès considérables ont été faits par les acteurs de la loi – producteurs de déchets (EDF, CEA, AREVA), organismes de recherche (CEA, CNRS, universités), Parlement, pouvoirs publics, collectivités territoriales, parties prenantes – pour mieux [faire] connaître leur travail mais des efforts additionnels sont indispensables.»*

Dès lors, comment définir désormais la nature, les missions et moyens de tels instruments d'information, de consultation et d'évaluation pour l'après-2006 ? Comment améliorer l'information générale sur ces sujets, que ce soit au plan local ou au plan national ? Doit-on poursuivre l'évaluation scientifique indépendante et selon quelles modalités ?

4

L'apport du débat public

> Quel accompagnement économique pour les territoires concernés ?

Dans les départements de Meuse et de Haute-Marne, qui accueillent le laboratoire souterrain, un accompagnement économique a été mis en place, selon les modalités de la loi de 1991. Des groupements d'intérêt économique (GIP) ont ainsi été créés dans les deux départements et sont dotés chacun d'une somme annuelle de 9,2 M€.

Les concepteurs de la loi, notamment le député Christian BATAILLE ainsi que les élus locaux concernés, ont en effet considéré qu'il était nécessaire de marquer la reconnaissance de la Nation pour les territoires participant activement aux recherches menées sur les déchets radioactifs, notamment lorsqu'ils accueillent un laboratoire souterrain de recherche. De tels mécanismes de développement économique existent déjà pour d'autres collectivités accueillant des sites nucléaires (notamment via la taxe professionnelle).

Certains considèrent toutefois que cette aide peut induire un lien de dépendance économique et fausser le jugement des décideurs locaux et des populations concernées.

Quelles dispositions prévoir dans ce domaine au sein du projet de loi ? Comment tenir compte du souhait légitime des élus et de leurs concitoyens que leur engagement soit reconnu et qu'il puisse y avoir un juste retour vers eux ?



Sommaire des fiches

Qu'est-ce que la radioactivité ?

p. 31

Radioactivité et santé

p. 32

Contrôle de la sûreté en France

p. 33

Les acteurs de la loi de 1991 et la préparation de l'échéance parlementaire de 2006

p. 34

Les principaux acteurs du nucléaire en France

p. 35

Le cycle du combustible

p. 36

Le traitement-recyclage

p. 37

Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire

p. 38

Carte des sites nucléaires

p. 39

fiche n° 1

Qu'est-ce que la radioactivité ?

- Les atomes qui constituent la matière sont en général stables, mais certains d'entre eux se transforment spontanément en émettant des rayonnements qui emportent de l'énergie. C'est ce que l'on appelle la radioactivité.

Les atomes comprennent un noyau chargé positivement autour duquel se déplacent les électrons chargés négativement. L'atome est neutre.

Le noyau de l'atome comprend des protons chargés positivement et des neutrons. Tous les atomes dont les noyaux ont le même nombre de protons forment un élément chimique (l'oxygène, l'uranium...). A nombre de protons identique, lorsque deux atomes ont un nombre de neutrons différent, ils sont appelés isotopes.

Lorsque la radioactivité d'un atome se manifeste, c'est le noyau de l'atome qui libère de l'énergie sous forme d'un rayonnement (celui-ci peut être de plusieurs types, *alpha* : émission d'un noyau constitué de deux protons et de deux neutrons, *bêta* : émission d'un électron ou d'un

positon, *gamma* : émission d'un rayonnement électromagnétique, comme la lumière ou les rayons X mais plus énergétique). Quand un noyau se transforme en un autre noyau par émission radioactive, on dit qu'il se désintègre.

- La radioactivité est un phénomène mesurable.

La radioactivité d'un ensemble de noyaux radioactifs se mesure par son activité, en désintégrations par seconde (unité appelée «becquerel»). Chaque désintégration peut émettre une ou plusieurs particules.

- Au fur et à mesure que ses atomes instables se transforment, la radioactivité d'une substance diminue.

Le temps nécessaire pour que l'activité d'une substance diminue de moitié est appelé «période». Cette période est caractéristique de chaque isotope radioactif et peut varier de quelques fractions de seconde à plusieurs milliards d'années (iode 131 : 8 jours ; césium 137 : 30 ans ; plutonium 239 : 24 000 ans ; uranium 238 : 4,5 milliards d'années).

- La radioactivité n'a pas été inventée par l'homme, il s'agit d'un phénomène naturel qui existe dans l'Univers depuis son origine.

Depuis la naissance de l'Univers, les atomes radioactifs se désintègrent. La plupart d'entre eux ont disparu en donnant des atomes stables, cependant certains sont toujours radioactifs et contribuent à la radioactivité naturelle présente dans le sol ou dans notre atmosphère.

La radioactivité artificielle est un phénomène de même nature que la radioactivité naturelle mais les atomes à l'origine de cette radioactivité ont été produits en laboratoire, pour les besoins médicaux ou de l'industrie, ou dans les réacteurs nucléaires.

Exemples d'utilisation de la radioactivité :

- la datation historique par le carbone 14
- le marquage isotopique en biologie et en médecine
- la radiothérapie pour le traitement des cancers
- l'énergie nucléaire pour la production d'électricité

Exemples de radioactivité naturelle :

- 1 l de lait : 60 Bq
- 1 l d'eau de mer : 10 à 15 Bq
- un enfant de 5 ans : environ 600 Bq
- un homme de 70 kg : environ 10 000 Bq

Le saviez-vous ?

La radioactivité a été découverte en 1896 par un physicien français, Henri Becquerel.

A la suite de ses travaux, Pierre et Marie Curie identifèrent en 1898 le polonium et le radium ; deux éléments radioactifs qui sont présents dans le minerai d'uranium.

fiche n° 2

Radioactivité et santé

Les risques liés à la radioactivité

La radioactivité, qu'elle soit naturelle ou artificielle, présente des risques pour l'homme en raison des rayonnements émis par les éléments radioactifs. Ceux-ci peuvent atteindre l'être humain par irradiation externe (exposition à une source radioactive distante), par inhalation ou ingestion de substances radioactives, ou par contact avec la peau. Ces rayonnements peuvent arracher un électron à un atome, ils sont dits «ionisants».

Une forte irradiation par des rayonnements ionisants provoque des effets immédiats sur les organismes vivants comme, par exemple, des brûlures plus ou moins importantes. Ces effets sont généralement appelés «déterministes», puisque le niveau de dose détermine la gravité des effets. La dose absorbée (mesurée en grays) est utilisée pour caractériser les effets immédiats consécutifs à de fortes irradiations.

Effets des doses reçues

(doses absorbées en une seule fois, par irradiation homogène du corps entier, 1 gray = 1 joule par kg).

- **Entre 0 et 0,25 gray** : pas de symptômes pathologiques identifiés en relation avec l'irradiation.
- **De 0,25 à 1 gray** : quelques nausées, légère chute du nombre de globules blancs.
- **De 1 à 1,25 gray** : vomissements, modification nette de la formule sanguine.
- **De 2,25 à 5 grays** : dose mortelle pour une personne sur deux, hospitalisation obligatoire.
- **Au-delà de 5 grays** : décès quasi certain.

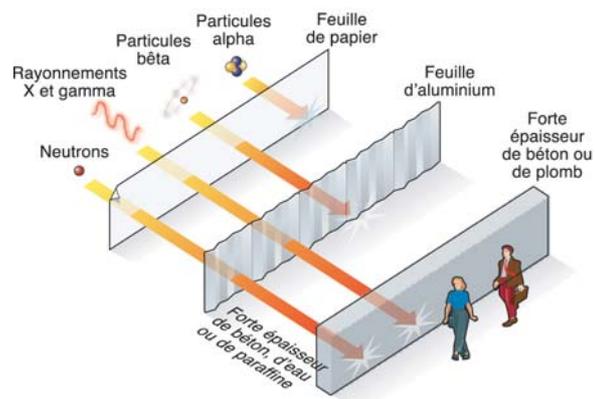
Au-delà des conséquences immédiates sur l'organisme, les expositions à des doses importantes de rayonnements ionisants peuvent avoir des effets à long terme sous la forme de cancers ou de leucémies. Ces effets se manifestent de manière aléatoire, le niveau de dose jouant sur leur probabilité d'apparition et non sur leur gravité. Ils dépendent du type de rayonnement, de son intensité mais également de la sensibilité du milieu vivant

irradié. L'unité utilisée pour mesurer l'effet des rayonnements sur les tissus vivants est le sievert.

Pour le public, la réglementation autorise une dose annuelle liée aux activités industrielles nucléaires de 1 millisievert (mSv). Pour comparaison, la dose relative à la radioactivité naturelle moyenne en France est de 2,4 mSv.

Se protéger des effets de la radioactivité

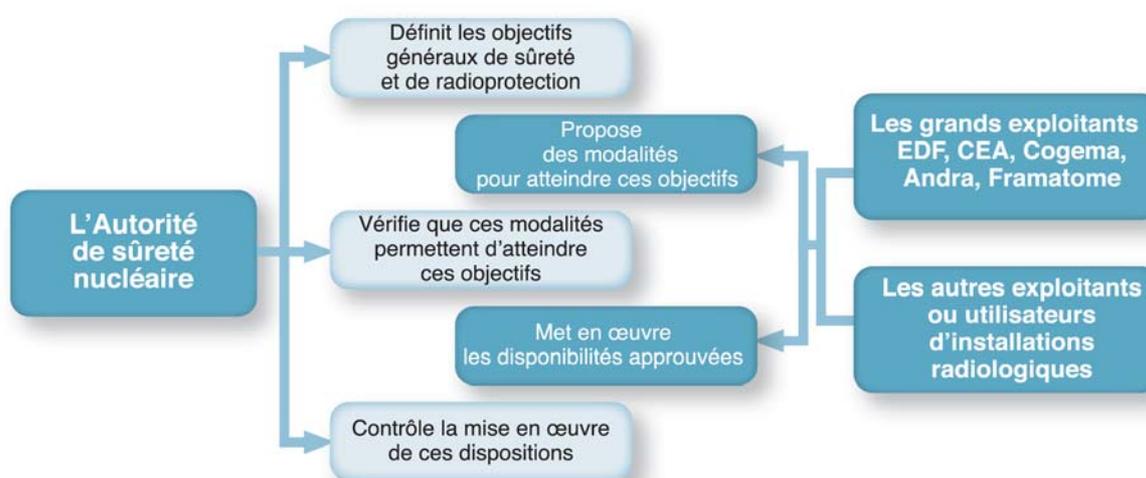
Pour se protéger de l'irradiation externe, on dispose des barrières de protection autour des matières radioactives de manière à arrêter les rayonnements. Les différents types de rayonnements ont des forces de pénétration différentes et nécessitent donc des barrières de protection différentes.



Par ailleurs, afin de prévenir le risque d'inhalation ou d'ingestion, les matières radioactives sont conditionnées de manière à éviter leur dispersion dans l'environnement, par exemple dans des matrices vitreuses bloquant les particules radioactives.

fiche n° 3

Contrôle de la sûreté des activités nucléaires en France



■ Qu'est-ce que la sûreté nucléaire ?

C'est l'ensemble des dispositions techniques et d'organisation prises pour assurer le fonctionnement normal des installations, prévenir les accidents et limiter les effets dans le cas où un accident surviendrait. Ces dispositions s'appliquent à tous les stades de la vie d'une installation nucléaire (conception, construction, fonctionnement, arrêt, démantèlement) ainsi qu'au cours des transports des matières radioactives et fissiles.

■ Qu'est-ce que la radioprotection ?

C'est l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants sur les personnes et sur l'environnement.

■ L'Autorité de sûreté nucléaire :

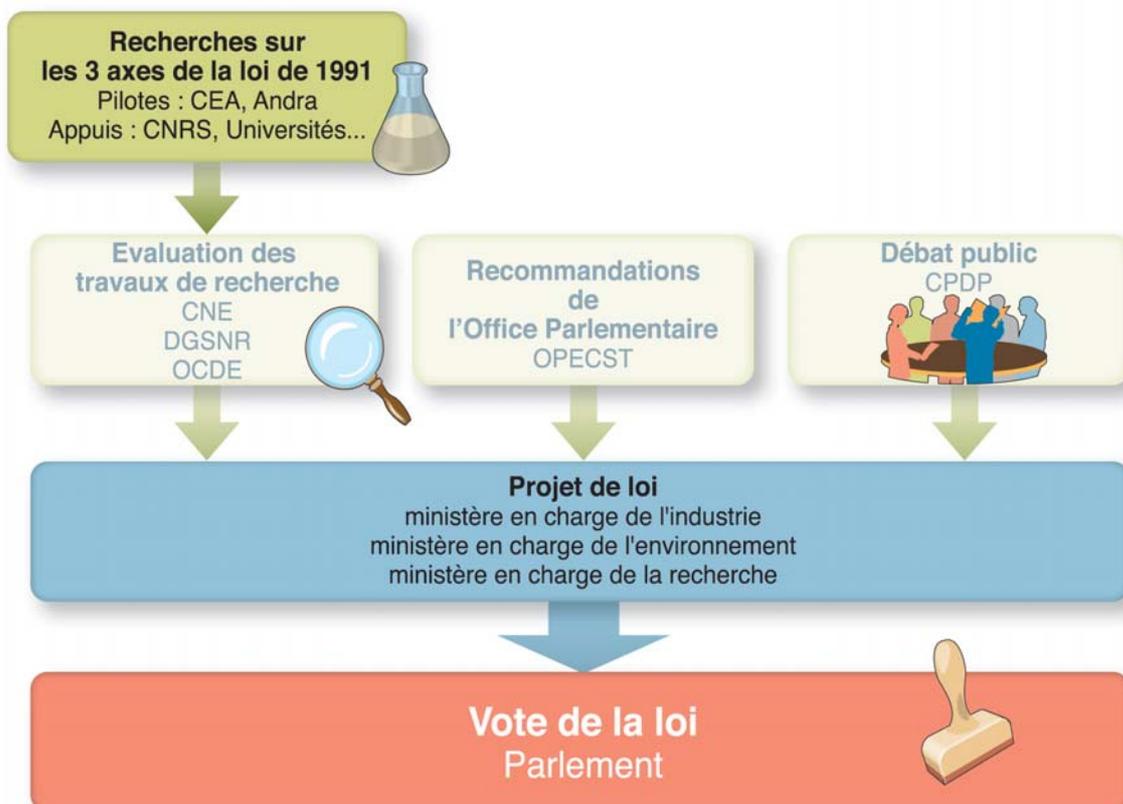
L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) assure, au nom de l'Etat, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radio-

protection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire et des rayonnements ionisants. L'ASN est placée sous l'autorité conjointe du ministre chargé de l'environnement, du ministre chargé de l'industrie et du ministre chargé de la santé.

Elle se compose d'une direction d'administration centrale, la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR), et de services déconcentrés de l'Etat : divisions de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DSNR) au sein des directions régionales de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (Drire) et directions régionales et départementales des affaires sanitaires et sociales (Drass et Ddass).

Dans le cadre de ses missions, l'ASN recourt à l'expertise d'appuis techniques extérieurs, notamment de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), et sollicite les avis et recommandations de groupes d'experts placés auprès du Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

fiche n° 4

Les acteurs de la loi de 1991
et la préparation de l'échéance parlementaire de 2006

fiche n° 5

Les principaux acteurs de nucléaire en France

■ Les ministères

La Direction générale de l'énergie et des matières premières (ministère en charge de l'industrie) met en œuvre la politique énergétique française.

La Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (ministères en charge de l'industrie, de l'environnement, de la santé) contrôle la sûreté nucléaire et la radioprotection (cf. fiche n° 3).

Les autres ministères concernés sont le ministère en charge de la recherche, le ministère des affaires étrangères, le ministère de la défense...

■ Les organismes de recherche

Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) mène des recherches sur la gestion des déchets radioactifs, l'optimisation du nucléaire industriel et les systèmes nucléaires du futur.

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) met en œuvre les filières de gestion des déchets, mène des recherches pour concevoir les solutions de gestion non encore existantes, est en charge d'une mission d'information auprès du public sur les modalités de gestion des déchets radioactifs.

Les acteurs institutionnels de la recherche tels que le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), les universités collaborent aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs.

■ Les organismes évaluateurs :

La Commission nationale d'évaluation (CNE) évalue les travaux menés sur les trois axes de recherche et établit annuellement un rapport pour le Gouvernement et pour le Parlement.

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) informe le Parlement des conséquences des choix scientifiques et technologiques afin d'éclairer ses décisions.

■ Le Parlement :

Le Parlement prendra les décisions relatives au devenir des axes de recherche définis par la loi de 1991 dans le cadre de l'examen d'un projet de loi qui sera présenté par le Gouvernement.

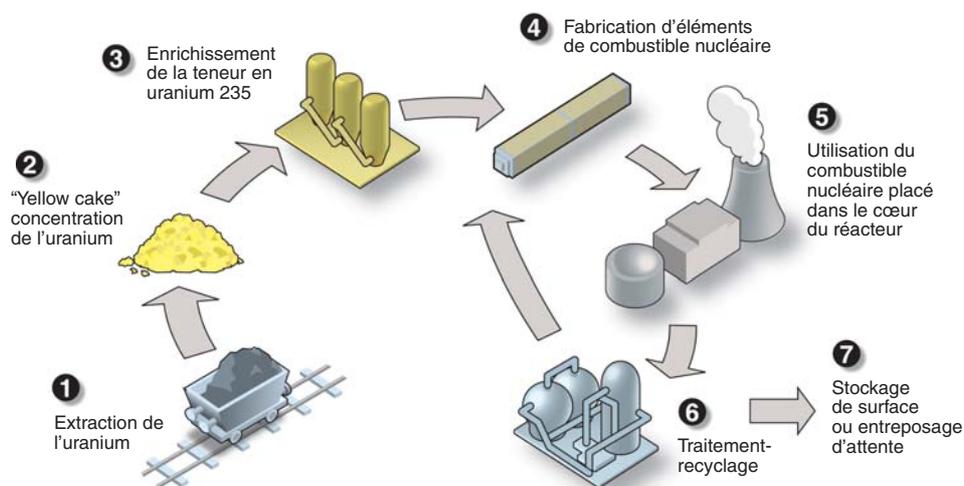
■ Les industriels :

EDF produit l'électricité notamment d'origine nucléaire, assure l'exploitation et la maintenance de ses centrales.

AREVA couvre les activités du cycle de l'énergie nucléaire : extraction et enrichissement de l'uranium, fabrication du combustible standard, traitement-recyclage, conception et réalisation de chaudières nucléaires.

fiche n° 6

Le cycle du combustible



1 - L'uranium est un métal relativement répandu dans l'écorce terrestre et se trouve à l'état naturel sous forme de minerai, où il est combiné à d'autres éléments chimiques.

2 - L'uranium est extrait et concentré par diverses opérations et constitue le «yellow cake».

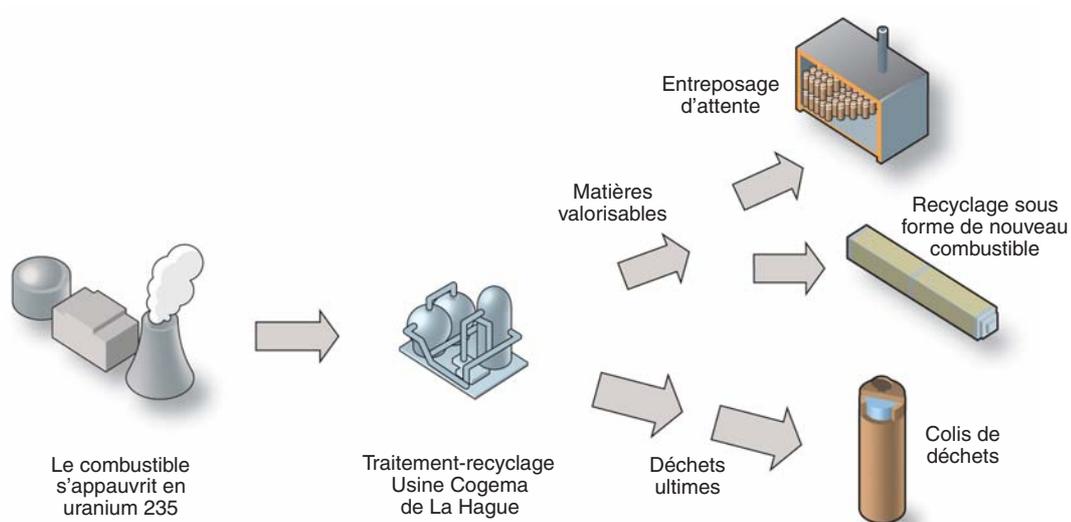
3 - Pour alimenter les réacteurs nucléaires du parc français, il faut disposer d'un combustible dont la proportion d'uranium 235 se situe entre 3 et 5% (à l'état naturel, la teneur en uranium 235 est d'environ 0,7%, le reste étant constitué d'uranium 238), car seul cet isotope de l'uranium peut subir la fission nucléaire qui génère l'énergie utilisée pour produire l'électricité dans les centrales nucléaires. L'opération consistant à augmenter la proportion en uranium 235 est appelée «enrichissement». L'uranium converti sous forme gazeuse traverse successivement un grand nombre de membranes qui sont franchies plus facilement par l'uranium 235 que par l'uranium 238, ce qui permet d'augmenter progressivement la teneur en uranium 235. En France, l'usine Eurodif, exploitée par AREVA/Cogema sur le site de Tricastin (cf. fiche n° 9), assure cette opération d'enrichissement.

4 - Après l'enrichissement, l'uranium est mis sous forme de poudres, qui sont comprimées et cuites à très haute température pour constituer des petites pastilles. Ces pastilles sont introduites dans des tubes métalliques, «les crayons», d'environ 4 mètres de long. Ces tubes sont ensuite regroupés pour constituer un «assemblage» de combustibles. Ce sont 150 à 200 assemblages de combustibles que l'on retrouve dans le cœur du réacteur. En France, une usine située à Romans (cf. fiche n° 9) et exploitée par AREVA/Framatome-ANP fabrique ces combustibles.

5, 6, 7 - Après trois à quatre ans d'utilisation au sein des réacteurs exploités par EDF, les combustibles doivent être remplacés. Ces combustibles «usés» contiennent toutefois 96% d'uranium et de plutonium qui sont valorisables pour fournir à nouveau de l'énergie. Ces deux éléments sont extraits afin de pouvoir être recyclés dans de nouveaux assemblages, c'est le traitement-recyclage (cf. fiche n° 7). Les éléments qui ne sont pas recyclés sont, selon leurs caractéristiques, stockés en surface ou entreposés dans l'attente d'une solution de gestion définitive.

fiche n° 7

Le traitement-recyclage

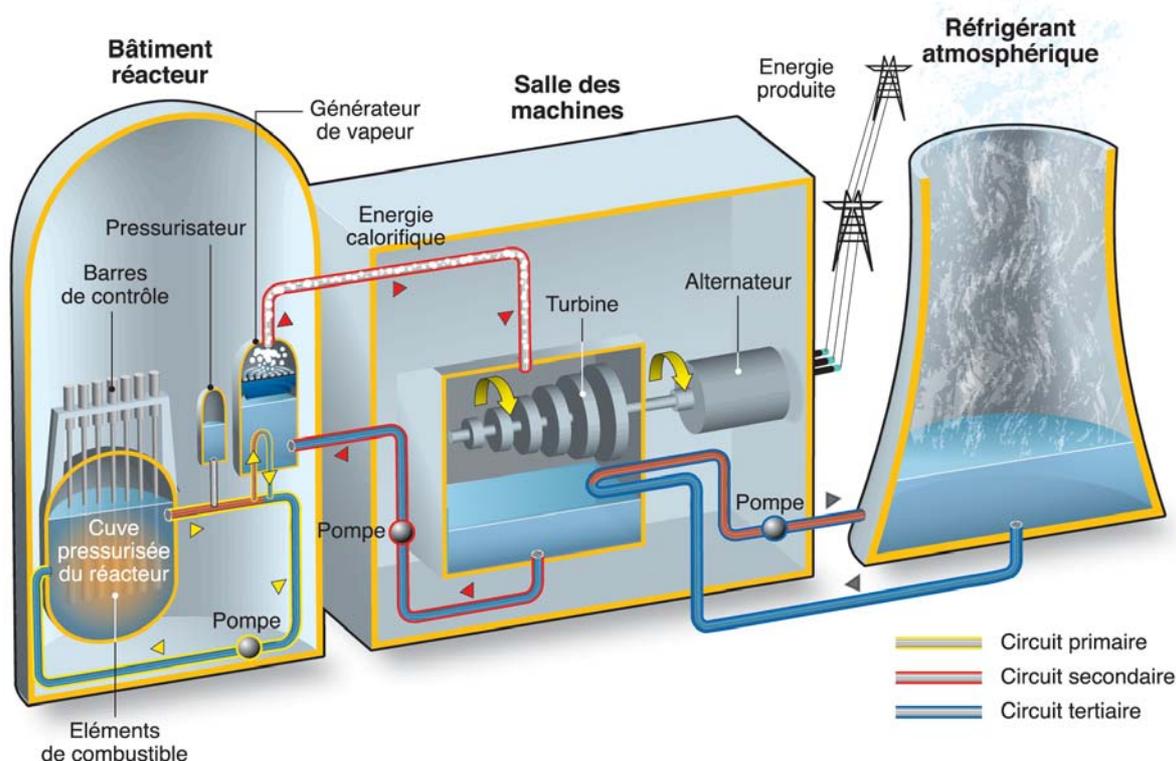


La stratégie du traitement-recyclage mise en œuvre en France permet en particulier une utilisation rationnelle des ressources naturelles et la mise en place d'un conditionnement adapté des déchets ultimes en vue de leur gestion.

- ▣ Le combustible nucléaire subit au cours de son séjour en réacteur des transformations qui le rendent moins performant pour produire de l'électricité (diminution de la proportion en uranium 235). Il est donc déchargé du réacteur après quelques années et entreposé pendant environ deux ans dans une piscine de refroidissement.
- ▣ Le combustible utilisé contient toutefois encore 96% d'uranium et de plutonium qui peuvent être valorisés afin de fournir encore de l'énergie. Il est donc transporté à La Hague, vers l'usine Cogema, afin d'être retraité. Lors de cette étape, l'uranium et le plutonium sont extraits par des traitements chimiques successifs. Le plutonium est recyclé sous forme de combustible de type MOX, et l'uranium est soit entreposé, soit réenrichi et recyclé sous forme de combustible spécifique.
- ▣ Les déchets ultimes contenus dans le combustible utilisé sont triés et conditionnés selon leur nature. En particulier, les déchets de haute activité à vie longue (actinides mineurs et produits de fission) sont incorporés dans une matrice en verre, coulée dans des conteneurs en acier, pour constituer un conditionnement sûr et durable de ces déchets.

fiche n° 8

Le fonctionnement d'un réacteur nucléaire



Un réacteur est constitué de trois circuits d'eau indépendants. L'énergie provient d'une réaction de fission du combustible (à base d'uranium ou d'uranium et de plutonium) placé dans le cœur du réacteur. L'énergie est récupérée sous forme de chaleur par l'eau sous pression du **circuit primaire**. Celle-ci permet de produire de la vapeur d'eau dans le **circuit secondaire**. Cette vapeur d'eau actionne une turbine sous pression qui entraîne l'alternateur, générateur d'électricité. Le **circuit tertiaire** alimente la centrale avec de l'eau froide (mer ou fleuve) pour refroidir le circuit secondaire.

La réaction de fission : certains atomes, dits «atomes fissiles», possèdent la propriété de se diviser en deux. Ce phénomène est appelé «réaction de fission». Cette réaction s'accompagne d'une libération d'énergie sous forme de chaleur. Le contrôle de cette réaction de fission est assuré grâce à des «barres de contrôle». Elles permettent de maintenir un rythme de fission constant. Elles sont mobiles et permettent donc de piloter le réacteur. En cas d'incident, la chute de ces barres stoppe en deux secondes la réaction en chaîne.

fiche n° 9

Carte des principaux sites nucléaires



Glossaire

Actinides mineurs : noyaux lourds formés en relativement faibles quantités dans un réacteur nucléaire par captures successives de neutrons à partir des noyaux du combustible. Ces isotopes à vie longue sont principalement le neptunium (237), l'américium (241, 243) et le curium (243, 244, 245).

AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique (International Atomic Energy Agency), organisation intergouvernementale, créée en 1957, qui fait partie de l'organisation des Nations unies. Elle a pour missions essentielles le contrôle des matières nucléaires, la lutte contre la prolifération, l'amélioration de la sûreté nucléaire.
Internet : www.iaea.org

Alpha : les particules composant le rayonnement alpha sont des noyaux d'hélium 4 (2 neutrons + 2 protons), fortement ionisants mais très peu pénétrants. Une simple feuille de papier suffit pour arrêter leur propagation.

Andra : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, établissement public à caractère industriel et commercial chargé de la gestion et du stockage des déchets radioactifs.
Internet : www.andra.fr

Atome : constituant de base de la matière. Il est composé d'un noyau (neutrons + protons) autour duquel gravitent des électrons.

AREVA : le groupe AREVA est la réunion de cinq sociétés principales : AREVA T&D, Cogema, Framatome-ANP, Technicatome et FCI.
Internet : www.areva.com

Becquerel : unité légale de mesure internationale utilisée en radioactivité. Le becquerel (Bq) est égal à une désintégration par seconde. Cette unité représente des activités tellement faibles que l'on emploie habituellement ses multiples : le MBq (mégabecquerel ou 1 million de becquerels), le GBq (gigabecquerel ou 1 milliard de becquerels) ou le TBq (térabecquerel ou 1 000 milliards de becquerels). 1 curie = 37 milliards de becquerels.

Bêta : les particules composant le rayonnement bêta sont des électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent à les arrêter.

CEA : Commissariat à l'énergie atomique. Les thématiques étudiées par cet établissement de recherche sont l'énergie, les technologies pour l'information et la santé, et la défense.
Internet : www.cea.fr

Centrale nucléaire : ensemble d'unités de production d'énergie électrique qui utilisent la chaleur dégagée par la fission de l'atome dans un réacteur. Son principe de fonctionnement est identique à celui des centrales thermiques «classiques». Seul le combustible utilisé et la technologie mise en œuvre sont spécifiques. Les centrales à eau ordinaire sont les plus répandues dans le monde, en particulier celles qui utilisent la filière à eau pressurisée (en abrégé REP : réacteur à eau pressurisée).

Cœur : équivalent du foyer dans une chaudière classique, le cœur du réacteur nucléaire est constitué par la juxtaposition des assemblages combustibles et des barres de contrôle. C'est le siège de la réaction en chaîne qui produit de l'énergie.

Cogema : Compagnie générale des matières nucléaires. Filiale d'AREVA, ses activités couvrent l'ensemble du cycle du combustible nucléaire (exploitation minière, conversion, enrichissement, fabrication, retraitement des combustibles irradiés).
Internet : www.cogema.fr

Glossaire

Combustible nucléaire : matière fissile utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Le combustible neuf d'un réacteur à eau pressurisée est constitué d'oxyde d'uranium enrichi en uranium 235 (entre 3 et 4%).

Commission nationale d'évaluation (CNE) : commission instituée par la loi du 30 décembre 1991 regroupant douze experts indépendants chargés d'évaluer les travaux menés par les établissements de recherche dans le cadre de la loi de 1991.

Contamination : dépôt en surface de poussières ou de liquides radioactifs. La contamination pour l'homme peut être externe (sur la peau) ou interne (par ingestion ou inspiration).

Cycle du combustible : ensemble des étapes suivies par le combustible fissile : extraction du minerai, élaboration et conditionnement du combustible, utilisation dans un réacteur, traitement et recyclage ultérieur.

Décroissance radioactive ou désactivation : diminution d'activité nucléaire d'une substance radioactive par désintégrations spontanées.

DGEMP : Direction générale de l'énergie et des matières premières. Au sein du ministère délégué à l'industrie, la DGEMP a en charge la mise en œuvre de la politique énergétique française.

Internet : www.industrie.gouv.fr/energie/sommaire.htm

DGSNR : Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Placée sous l'autorité des ministres chargés de l'environnement, de l'industrie et de la santé, elle assure le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France.

Internet : www.asn.gouv.fr

EDF : Electricité de France. Société produisant de l'électricité, assurant l'exploitation et la maintenance de ses centrales ainsi que la distribution de l'électricité.

Internet : www.edf.fr

Éléments combustibles : dans les réacteurs à eau sous pression, assemblages solidaires de 264 tubes remplis de pastilles d'oxyde d'uranium. Appelés «crayons», ils forment la gaine du combustible. Suivant les types de centrales, le cœur du réacteur contient entre 100 et 200 assemblages de combustibles.

EPR (European Pressurized Reactor) : réacteur de troisième génération développé au cours des années 1990 dans le cadre d'une coopération franco-allemande et aujourd'hui commercialisé par AREVA. L'EPR permet de bénéficier du retour d'expérience disponible sur les réacteurs actuellement en exploitation.

Fissile : un nucléide est dit fissile si son noyau est susceptible de subir une fission sous l'effet de neutrons de toutes énergies. Exemple : l'uranium 235.

Fission nucléaire : éclatement d'un noyau lourd en deux parties, accompagné d'émission de neutrons, de rayonnements et d'un important dégagement de chaleur.

Gamma : rayonnement électromagnétique, très pénétrant mais peu ionisant, émis par la désintégration d'éléments radioactifs. Des écrans de béton ou de plomb permettent de s'en protéger.

Glossaire

Irradiation : exposition partielle ou globale d'un organisme ou d'un matériel à des rayonnements ionisants.

IRSN : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. L'IRSN effectue des recherches et des expertises sur les risques liés à la radioactivité.

Internet : www.irsn.fr

Isotopes : éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. Il existe, par exemple, trois isotopes d'uranium : l'uranium 234 (92 protons, 92 électrons et 142 neutrons), l'uranium 235 (92 protons, 92 électrons et 143 neutrons) et l'uranium 238 (92 protons, 92 électrons et 146 neutrons). On recense actuellement environ 325 isotopes naturels et 1 200 isotopes créés artificiellement.

Neutron : particule fondamentale électriquement neutre qui entre, avec les protons, dans la composition du noyau de l'atome. C'est le neutron qui provoque la réaction de fission des noyaux fissiles dont l'énergie est utilisée dans les réacteurs nucléaires.

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques. Créée en 1960, elle réunit 24 pays industrialisés autour d'objectifs communs : promouvoir le bien-être économique de chaque pays et contribuer au bon fonctionnement de l'économie mondiale, notamment en stimulant et en harmonisant les efforts de ses membres en faveur des pays en voie de développement.

Internet : www.ocde.org

Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) : structure, au sein du Parlement, visant à informer le Parlement des conséquences des choix de caractère scientifique et technologique afin, notamment, d'éclairer ses décisions.

Internet : www.assemblee-nationale.fr, www.senat.fr

Période radioactive : temps nécessaire pour que la quantité d'atomes d'un élément radioactif se soit désintégrée de moitié. La période varie avec les caractéristiques de chaque radioélément : 110 minutes pour l'argon 41 ; 8 jours pour l'iode 131 et 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238. Aucune action physique extérieure n'est capable de modifier la période d'un radioélément, sauf une transmutation (transformation d'un radioélément en un autre).

Plutonium : élément de numéro atomique 94 dont aucun isotope n'existe à l'état naturel. Le plutonium 239, isotope fissile, est produit dans les réacteurs nucléaires à partir de l'uranium 238. Sa manipulation exige de strictes précautions en raison de sa toxicité chimique et des dangers présentés par ses rayonnements alpha. Symbole : Pu.

Produits de fission : fragments de noyaux lourds produits par la fission nucléaire ou la désintégration radioactive ultérieure des éléments formés selon ce processus.

Radioactif : doté de radioactivité, c'est-à-dire émettant spontanément des particules alpha, bêta ou un rayonnement gamma. On désigne plus généralement sous cette appellation l'émission de rayonnement accompagnant la fission ou la désintégration d'un élément instable.

Réacteurs de 4^e génération : réacteurs susceptibles d'être déployés entre 2030 et 2045. Ils sont étudiés dans le cadre d'une collaboration internationale (le forum international Génération IV) à laquelle participe notamment le CEA. Ces systèmes visent en particulier à répondre à la nécessité de minimisation des déchets, d'économie des ressources, de sûreté et de fiabilité pour les réacteurs nucléaires du futur.

Glossaire

Sievert : unité légale qui permet de rendre compte de l'effet biologique produit par une dose absorbée donnée.

Sûreté nucléaire : ensemble de dispositions permettant d'assurer le fonctionnement normal d'une centrale nucléaire, de prévenir les accidents ou les actes de malveillance et d'en limiter les effets.

Transmutation : désigne la transformation, suite à une réaction nucléaire, d'un élément en un autre élément. Elle peut être réalisée en réacteur ou dans un système hybride (réacteur couplé à un accélérateur de particule). C'est une voie étudiée pour l'élimination de certains radioéléments contenus dans les déchets radioactifs (il faut préalablement séparer les divers radioéléments pour les soumettre à des flux neutroniques spécifiques). L'objectif est de diminuer la nocivité ou de rendre plus facile la gestion des radioéléments à vie longue ou de haute activité en les transformant en des radioéléments à plus faible activité ou de durée de vie plus courte.

Uranium : élément de numéro atomique 92, qui se présente à l'état naturel sous la forme d'un mélange comportant trois principaux isotopes :

- l'uranium 238, dans la proportion de 99,28% ;
- l'uranium 235, fissile dans la proportion de 0,71% ;
- l'uranium 234.

L'uranium 235 est le seul isotope fissile naturel, une qualité qui explique son utilisation comme source d'énergie. Symbole : U.

Vitrification : opération visant à solidifier, par mélange à haute température avec une pâte vitreuse, des solutions concentrées de produits de fission (PF) et d'actinides mineurs extraits par retraitement des combustibles usés.