

Plan national

de gestion des matières
et des déchets radioactifs

2010 – 2012



SYNTHÈSE



La gestion des matières et des déchets radioactifs : enjeux et principes essentiels	4
Qu'est-ce qu'une matière radioactive ? Un déchet radioactif ?	4
D'où proviennent les déchets ?	4
Quels sont les différents types de déchets ?	4
Comment gère-t-on les déchets radioactifs ?	6
Les déchets radioactifs en quelques chiffres	6
Quel est le cadre juridique ?	7
Schéma de principe des étapes du cycle du combustible nucléaire	8
Améliorer les modes de gestion existants	10
Entreposer temporairement les matières valorisables et les déchets radioactifs	10
Les anciens entreposages de déchets	11
Une capacité d'entreposage à étendre	12
Gérer à long terme les matières valorisables	12
Les combustibles usés	13
L'uranium	13
Le plutonium	14
Le thorium	14
Gérer à long terme les déchets	14
La gestion sur site ou dans des centres de stockage conventionnels	14
La gestion dans des centres de stockage dédiés aux déchets radioactifs	17
Développer de nouveaux modes de gestion pour le long terme	19
Les déchets contenant du tritium	19
Les sources radioactives scellées	20
Les déchets de faible activité à vie longue (FAVL)	20
Les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL)	22
Le stockage réversible profond	22
La séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue	23
L'entreposage	23
Le traitement et le conditionnement	24
Les déchets actuellement sans filière de gestion	24
Conclusion	25
Annexes	26
Les principaux acteurs de la gestion des matières et des déchets radioactifs	26
Pour en savoir plus	27

Les matières et les déchets radioactifs doivent être gérés de façon durable, dans le respect de la protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement.

Le plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) constitue un outil privilégié pour mettre en œuvre ces principes dans la durée, selon le cadre fixé par la loi. Il présente une vision d'ensemble de la gestion des matières et déchets radioactifs, dans le double objectif de s'assurer de l'existence de filières de gestion adaptées pour chaque catégorie de substances radioactives, à court comme à long terme, et d'améliorer la cohérence des filières entre elles.

La transparence, le dialogue et la concertation, notamment avec les représentants de la société civile, doivent être au cœur de l'élaboration des politiques publiques, en particulier pour la gestion des matières et des déchets radioactifs. Le PNGMDR s'inscrit dans ce cadre : il résulte des échanges au sein d'un groupe de travail pluraliste, présidé par le ministère du Développement durable (MEEDDM) – direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) – et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Ce groupe de travail réunit des associations de protection de l'environnement, des représentants d'élus ainsi que des autorités d'évaluation et de contrôle, aux côtés des producteurs et gestionnaires de déchets radioactifs.

Si les matières et déchets radioactifs sont d'ores et déjà gérés de façon sûre sous le contrôle de l'ASN, autorité indépendante, il convient de souligner le caractère essentiel des recommandations présentées dans ce PNGMDR. Il s'agit de tenir les objectifs et les échéances fixés par le Parlement en 2006, mais aussi et surtout de progresser encore dans la gestion durable des matières et des déchets radioactifs, en définissant des solutions de gestion définitives, de long terme, pour l'ensemble de ces substances. Il est de notre responsabilité de ne pas reporter cette charge sur les générations futures.

Pierre-Franck Chevet,

directeur général de l'énergie et du climat (DGEC)

André-Claude Lacoste,

président de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

Le plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs (PNGMDR) dresse le bilan exhaustif et régulier de la politique de gestion des substances radioactives. Il évalue les besoins nouveaux et fixe les objectifs notamment en termes d'études et de recherches.

La première édition du PNGMDR, publiée en 2007, avait identifié plusieurs types de déchets et de matières nécessitant la mise en œuvre de nouvelles filières de gestion ou l'amélioration des filières existantes. L'édition 2010-2012 propose de poursuivre et d'intensifier les actions engagées. Elle est aussi l'occasion de traiter des sujets non ou insuffisamment abordés dans la précédente édition.

Cette synthèse a vocation à rendre accessible les principaux éléments de bilan et de recommandations du PNGMDR aux publics concernés ou intéressés par la gestion des substances radioactives en France. Le lecteur souhaitant approfondir ces sujets pourra naturellement se reporter au rapport complet du PNGMDR 2010-2012, téléchargeable sur les sites internet du ministère du Développement durable et de l'ASN.

Après avoir posé, en première partie, le contexte de la gestion des matières et déchets radioactifs en France, la présente synthèse exposera les filières de gestion des matières et déchets radioactifs existantes ainsi que les axes de progrès, avant de présenter en troisième partie les modes de gestion de long terme en développement pour les déchets.

La gestion des matières et des déchets radioactifs : enjeux et principes essentiels

DÉFINITION

Radioactivité

La radioactivité est un phénomène naturel au cours duquel des noyaux atomiques instables se transforment, après une série de désintégrations, en des noyaux atomiques stables. Ces transformations s'accompagnent de l'émission de « rayonnements ionisants ». Il existe des sources de radioactivité naturelles (granit, rayonnement cosmique...) et artificielles (réacteurs de production d'électricité nucléaire, activités médicales de radiothérapie...).

REPÈRE

Les cinq secteurs économiques qui produisent des matières et des déchets radioactifs : électronucléaire, défense, recherche, industrie non électronucléaire, médical.



Conteneur de déchets vitrifiés HA (haute activité).

Cette première partie présente les déchets radioactifs et les matières radioactives valorisables : elle précise en particulier d'où ces substances proviennent, comment elles sont classées et gérées, quelles quantités sont présentes en France, et à quel cadre juridique elles sont soumises.

Qu'est-ce qu'une matière radioactive ? Un déchet radioactif ?

Parmi les substances radioactives, certaines sont considérées comme des matières valorisables et d'autres comme des déchets.

Ainsi, au sens du code de l'environnement, les « matières radioactives » sont des « substances radioactives pour lesquelles une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement ». Dans le processus de production d'électricité nucléaire, par exemple, le combustible, une fois usé, contient encore des matières qui peuvent être utilisées. Ces matières sont traitées pour en extraire notamment de l'uranium et du plutonium.

Les « déchets radioactifs » sont « des substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée ».

D'où proviennent les déchets ?

Les matières et déchets radioactifs produits depuis le début du XXe siècle sont principalement issus de cinq secteurs économiques :

- **le secteur électronucléaire** : principalement les centrales nucléaires de production d'électricité, les usines de l'amont du cycle du combustible (extraction et traitement du minerai d'uranium, conversion chimique des concentrés d'uranium, puis enrichissement et fabrication du combustible) et les usines de l'aval du cycle (traitement du combustible usé et recyclage) ;
- **le secteur défense** : principalement les activités liées à la force de dissuasion et à la propulsion nucléaire de certains bâtiments, ainsi que des activités de recherche ;
- **le secteur recherche** : les activités de recherche dans le domaine du nucléaire civil ;
- **le secteur industrie non électronucléaire** : notamment l'extraction de terres rares, la fabrication et l'utilisation de sources scellées ;
- **le secteur médical** : activités thérapeutiques, de diagnostic et de recherche.

Quels sont les différents types de déchets ?

Les déchets radioactifs sont très divers : ils contiennent des substances, chimiques ou radioactives, dans des quantités plus ou moins importantes. En fonction de

leur composition, ils sont donc plus ou moins dangereux, pendant plus ou moins longtemps. Cette dangerosité est liée non seulement à leur caractère radioactif, mais aussi, dans certains cas, à leur toxicité chimique.

Divers critères peuvent être utilisés pour classer les déchets radioactifs. En France, la classification repose notamment sur deux paramètres :

- **l'activité**, qui correspond au nombre de désintégrations par unité de temps. Il s'agit autrement dit du niveau de radioactivité. En fonction de la quantité et de la nature des substances radioactives que les déchets contiennent, ceux-ci peuvent être de très faible, faible, moyenne ou haute activité ;
- **la durée de vie**, qui dépend de la période radioactive des éléments contenus dans les déchets. Cette période correspond au 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. Au bout de 10 périodes, le niveau de radioactivité d'un élément est divisé par 1000 environ ; on considère généralement que cette durée d'une dizaine de périodes représente la « durée de vie » d'un radioélément. Les déchets contiennent tous un mélange de radioéléments à vie courte (période radioactive ≤ 31 ans) et à vie longue (période radioactive > 31 ans) mais, par simplification, les déchets contenant une majorité d'éléments à vie courte sont appelés déchets à vie courte, et inversement.

Cette classification permet ainsi de distinguer les catégories suivantes :

- **les déchets de haute activité (HA)**, principalement issus des combustibles usés après traitement. Ils sont conditionnés en colis de verre ;
- **les déchets de moyenne activité à vie longue (MAVL)**, également en majorité issus du traitement des combustibles usés et des activités de maintenance et d'exploitation des usines de traitement. Il s'agit notamment des déchets de structure des assemblages de combustible, embouts et coques, ainsi que des déchets technologiques (outils usagés, équipements...) et des déchets de procédés issus du traitement des effluents comme certaines boues. Ils sont conditionnés en colis de déchets métalliques compactés, cimentés ou bitumés ;
- **les déchets de faible activité à vie longue (FAVL)**, essentiellement des déchets de graphite et des déchets radifères. Les déchets de graphite proviennent principalement du démantèlement des réacteurs de la filière uranium naturel graphite gaz. Les déchets radifères sont en majorité issus d'activités industrielles non nucléaires (comme le traitement de minéraux contenant des terres rares) ;
- **les déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)**, essentiellement issus de l'exploitation et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible, des centres de recherche et, pour une faible partie, des activités de recherche biomédicale ;
- **les déchets de très faible activité (TFA)**, majoritairement issus de l'exploitation de maintenance et du démantèlement des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible et des centres de recherche ;



Exemple de fûts de déchets MAVL (moyenne activité à vie longue).



Certains objets de notre quotidien, datant pour l'essentiel de la première moitié du xx^e siècle, peuvent contenir de la radioactivité. Ce sont le plus souvent des déchets FAVL (de faible activité à vie longue). Par exemple, les aiguilles de certains anciens réveils étaient rendues luminescentes en ajoutant des éléments radioactifs à la peinture (ce procédé n'est plus utilisé depuis plusieurs dizaines d'années).



Exemple de déchets FMA-VC (de faible et moyenne activité à vie courte), issus de l'exploitation d'un laboratoire.



Exemple de déchets TFA (très faible activité) : morceaux de métal et de plastique issus du démantèlement d'installations nucléaires.



Exemple de déchets hospitaliers à vie très courte.

CHIFFRES CLÉS

2Kg

de déchets radioactifs produits par an et par habitant en France

environ **1** piscine olympique de déchets de haute activité produits en France entre le début de l'utilisation de l'énergie nucléaire et la fin 2007

- **les déchets à vie très courte**, provenant principalement du secteur médical ou de la recherche. Ils sont entreposés sur leur site d'utilisation le temps de leur décroissance radioactive, avant élimination dans une filière conventionnelle correspondant à leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

Comment gère-t-on les déchets radioactifs ?

En pratique, la classification précédente permet de faire correspondre une filière de gestion à long terme à chaque catégorie de déchet, comme le montre le tableau ci-dessous.

	VIE TRÈS COURTE (PÉRIODE < 100 JOURS)	VIE COURTE (PÉRIODE ≤ 31 ANS)	VIE LONGUE (PÉRIODE > 31 ANS)
TRÈS FAIBLE ACTIVITÉ (TFA)	<i>Gestion par décroissance radioactive sur le site de production</i> <i>puis élimination dans les filières conventionnelles</i>	<i>Stockage de surface</i> (centre de stockage des déchets de très faible activité de l'Aube)	
FAIBLE ACTIVITÉ (FA)		<i>Stockage de surface</i> (centre de stockage des déchets de faible et moyenne activité de l'Aube)	<i>Stockage à faible profondeur</i> (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)
MOYENNE ACTIVITÉ (MA)			
HAUTE ACTIVITÉ (HA)		<i>Stockage profond</i> (à l'étude dans le cadre de la loi du 28 juin 2006)	

Un mode de gestion spécifique est mis en place pour chaque catégorie. Le type de traitement, le conditionnement et le mode de stockage (après un éventuel entreposage temporaire) sont adaptés à la dangerosité des déchets et à leur évolution dans le temps.

La correspondance catégorie / filière de gestion n'est pas totale, la réalité étant un peu plus complexe ; la filière de gestion d'un déchet n'est en effet pas uniquement déterminée par l'activité et la durée de vie. D'autres critères sont pris en compte, notamment la stabilité ou la présence de certains éléments chimiques.

Les déchets radioactifs en quelques chiffres

Un inventaire national des matières et déchets radioactifs est élaboré, mis à jour et publié tous les trois ans par l'Agence nationale pour la gestion des déchets

radioactifs (Andra). L'édition 2009 de l'inventaire national présente notamment les stocks de déchets et de matières à fin 2007 ainsi que des prévisions à fin 2030.

(EN M ³ ÉQUIVALENT CONDITIONNÉ)	VOLUMES À FIN 2007	VOLUMES PRÉVISIONNELS À FIN 2030
HA	2 293	5 060
MA-VL	41 757	51 009
FA-VL	82 536	151 876
FMA-VC	792 695	1 174 193
TFA	231 688	869 311
TOTAL	1 150 969	2 251 449

Quel est le cadre juridique ?

Le cadre de gestion des matières et des déchets radioactifs est défini par la loi de programme n° 2006-739 du 28 juin 2006 relative à la gestion durable des matières et déchets radioactifs. Cette loi traite de la définition d'une politique de gestion des matières et déchets radioactifs, de l'amélioration de la transparence et du contrôle démocratique ainsi que du financement et de l'accompagnement économique. Elle interdit le stockage en France de déchets en provenance de l'étranger et organise la gestion de déchets dits orphelins.

La loi spécifie que la gestion de ces matières et déchets radioactifs doit respecter trois principes fondamentaux : protection de la santé des personnes, de la sécurité et de l'environnement ; prévention ou limitation des charges qui seront supportées par les générations futures ; principe producteur-payeur similaire au principe pollueur-payeur qui prévaut en droit de l'environnement.

Le PNGMDR organise la mise en œuvre des recherches et études sur la gestion des matières et des déchets radioactifs selon les trois orientations suivantes définies par loi :

- la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets, notamment la réduction à la source, par le traitement des combustibles usés et, à l'avenir, le cas échéant, par la séparation / transmutation (cf. p. 21) ;
- l'entreposage comme éventuelle étape préalable, notamment pour les déchets ultimes en attente de stockage ;
- le stockage profond comme solution pérenne pour les déchets ultimes ne pouvant être stockés en surface ou en faible profondeur.

Dans le domaine de la transparence et du contrôle démocratique, la loi confirme le rôle de la Commission nationale d'évaluation, chargée d'évaluer les recherches sur la gestion des matières et des déchets radioactifs. Elle prévoit également l'organisation régulière de débats par le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN).

CHIFFRES CLÉS

Les déchets HA existant à fin 2007
0,2% du volume total des
déchets radioactifs français
95% de la radioactivité totale
des déchets radioactifs français

Les déchets FMA-VC existant à fin
2007

69% du volume total
des déchets radioactifs français
< 0,03% de la
radioactivité totale des déchets
radioactifs français

REPÈRES

1991 : loi relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs (portant essentiellement sur les déchets de type haute activité et moyenne activité à vie longue)

2005-2006 : débat public sur la gestion des déchets radioactifs

2006 : loi relative à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs (portant sur l'ensemble des matières valorisables et des déchets radioactifs), préparée après l'évaluation de l'ensemble des recherches menées dans le cadre de la loi de 1991

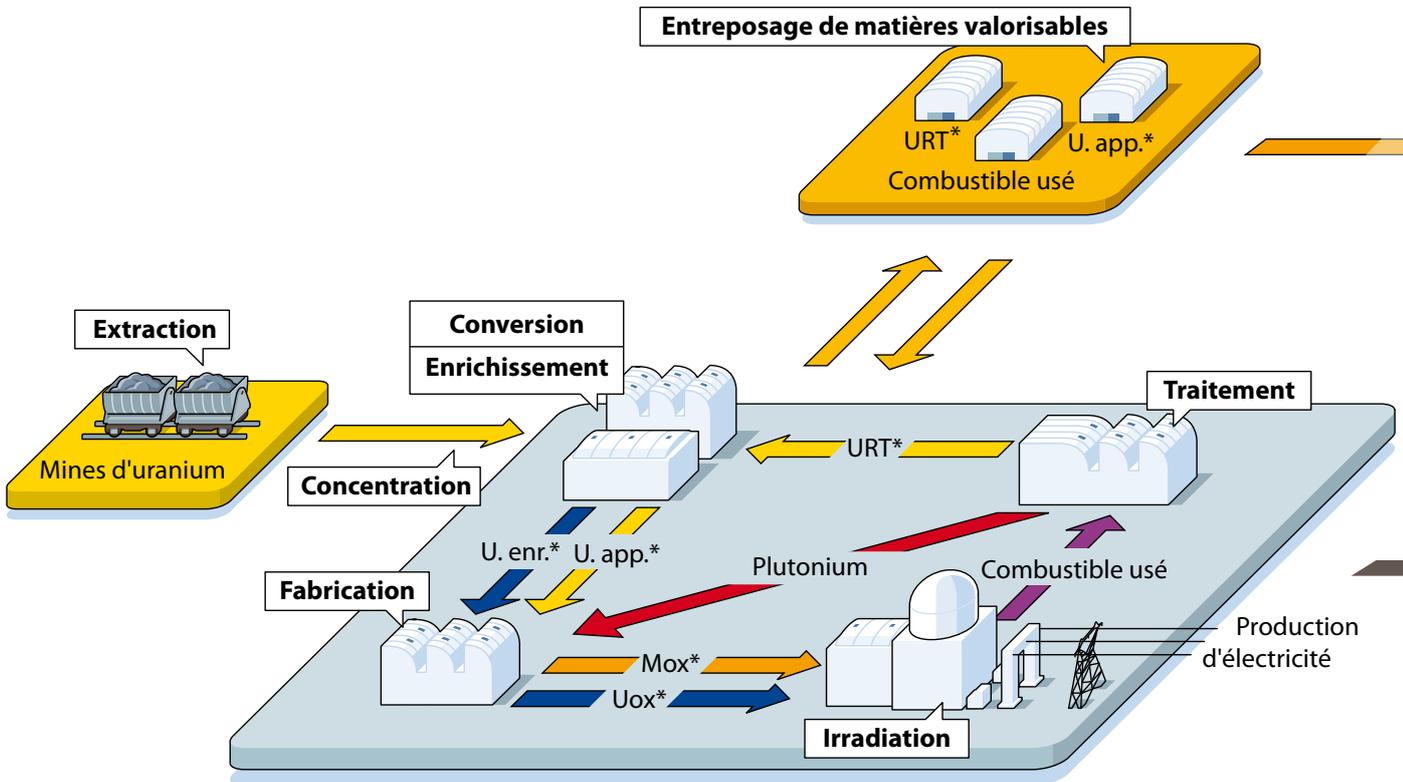
Échéances à venir

2013 : débat public sur le centre de stockage réversible profond, après proposition par l'Andra d'un site d'implantation

2015 : loi fixant les conditions de réversibilité du stockage profond

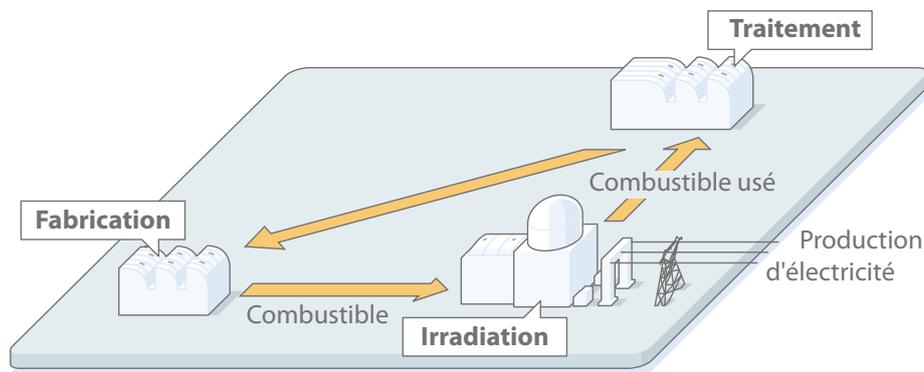
2025 : début de l'exploitation du centre de stockage profond réversible

Schéma de principe des étapes du cycle du combustible nucléaire

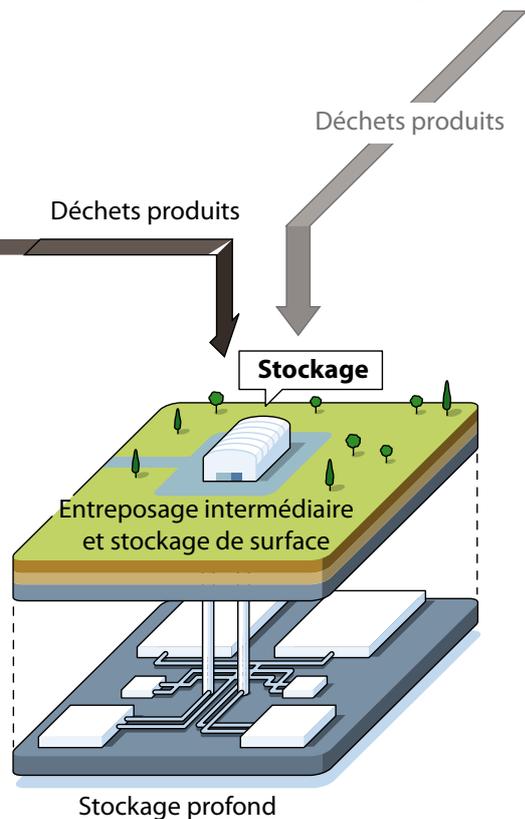


Cycle d'aujourd'hui

- * U. app. = uranium appauvri
- * U. enr. = uranium enrichi
- * URT = uranium de retraitement
- * UOX = OXYde d'Uranium (combustible nucléaire constitué d'oxyde d'uranium)
- * MOX = Mélange d'OXYdes (combustible nucléaire fabriqué à partir du plutonium et de l'uranium appauvri).



Cycle futur envisagé
conditionné au développement de la génération IV



REPÈRE

Pour pouvoir être utilisées dans un réacteur nucléaire, les matières radioactives doivent entrer dans un cycle du combustible comprenant plusieurs étapes, avant et après l'irradiation en réacteur.

Cycle du combustible actuel

• Avant l'irradiation

Le minerai d'uranium, extrait dans des mines, doit d'abord être concentré puis converti chimiquement. Il doit ensuite être enrichi pour augmenter la proportion d'uranium 235, trop faible dans l'uranium naturel. En parallèle, ce processus produit également un flux d'uranium appauvri en uranium 235, qui est entreposé dans l'attente d'une utilisation ultérieure. La fabrication du combustible proprement dit peut alors avoir lieu à partir de l'uranium enrichi.

• L'irradiation

Afin de produire de l'électricité, le combustible est ensuite irradié pendant trois à quatre ans environ dans le réacteur.

• Après l'irradiation

A l'issue de cette étape, 96 % du combustible a encore un potentiel énergétique important (uranium et plutonium). 4 % du combustible ne peut plus être valorisé et constitue donc un déchet.

L'opération de traitement des combustibles usés permet d'en extraire les matières valorisables afin de les recycler. Le plutonium est recyclé sous forme de combustible dit MOX en intégrant aussi de l'uranium appauvri, qui peut ensuite être irradié dans les réacteurs français. L'uranium issu du traitement peut être réenrichi pour être irradié une nouvelle fois dans certains réacteurs français.

L'opération de traitement permet également de conditionner les déchets issus des combustibles usés. Ces déchets contiennent l'essentiel de la radioactivité (d'autres déchets sont produits aux différentes étapes du cycle du combustible). Ces déchets doivent être conditionnés avec comme option de référence pour leur gestion à long terme un stockage définitif.

Cycle du combustible futur

Un autre cycle du combustible, sur lequel des recherches sont actuellement menées, permettrait à l'avenir d'utiliser les quantités d'uranium appauvri, d'uranium de traitement et de combustible usé actuellement entreposés dans l'attente d'une valorisation. Ce cycle comprendrait en particulier des réacteurs dits de 4^e génération. Ce cycle produirait également des déchets radioactifs.

Améliorer les modes de gestion existants

REPÈRE

À la différence d'un centre de stockage, les lieux d'entreposage de déchets radioactifs ne sont pas conçus pour assurer des fonctions de sûreté à très long terme mais seulement pour une durée déterminée.



Hall d'entreposage dans l'usine de traitement des combustibles usés Areva, établissement de La Hague.

Cette partie dresse le panorama des modes de gestion existants fin 2009. Elle souligne les axes d'amélioration et les recommandations du PNGMDR pour les filières de gestion des matières et déchets radioactifs :

- à titre temporaire (au moyen d'installations d'entreposage) ;
- et à long terme : (i) procédés de valorisation des matières, (ii) stockage des déchets selon leur nature (sur site, dans des centres conventionnels ou dans des centres dédiés aux déchets radioactifs).

Entreposer temporairement les matières valorisables et les déchets radioactifs

L'entreposage des matières et déchets radioactifs consiste à les placer temporairement dans une installation permettant une mise en attente, un regroupement, un suivi ou une observation ; la mise en attente peut permettre la décroissance radioactive d'éléments à vie courte.

Les installations d'entreposage présentent des garanties de sûreté proportionnées aux types et à la quantité de déchets qu'elles accueillent, en tenant compte de la durée d'entreposage. Elles nécessitent un entretien et des interventions humaines. Au terme de la période d'entreposage, les déchets sont obligatoirement retirés de l'installation. Cette dernière sera réutilisée ou démantelée le moment venu.

Les entreposages de matières et déchets radioactifs évoqués dans le PNGMDR sont regroupés en quatre catégories :

- **les entreposages de courte durée**, liés à la gestion des déchets ayant une période radioactive inférieure à 100 jours. L'objectif est d'attendre que l'activité des déchets ait suffisamment décru pour qu'ils puissent être éliminés vers une filière conventionnelle. Les principaux établissements concernés sont les services de médecine nucléaire et des laboratoires de recherche ;
- **les entreposages de matières radioactives en attente de valorisation**. Il s'agit en particulier des entreposages d'uranium appauvri (sur les sites du Tricastin et de Bessines), d'uranium de retraitement (sur le site du Tricastin), de matières thorifères de Rhodia et d'Areva (sur les sites de La Rochelle et du CEA à Cadarache) ;
- **les anciens entreposages de déchets** qui ne répondent plus parfaitement aux normes de sûreté actuelles et qui nécessitent d'être améliorés ou vidés, à des échéances plus ou moins proches ;
- **les entreposages de déchets plus récents** qui répondent aux normes de sûreté et dont il faut vérifier l'adéquation aux prévisions de production de déchets.

Ce document détaille les deux dernières catégories, objet de recommandations du PNGMDR.

Les anciens entreposages de déchets

Il existe un certain nombre d'anciens entreposages de déchets radioactifs qui ne satisfont plus complètement aux exigences de sûreté actuelles. Des opérations de reprise des déchets, ou d'amélioration et de renforcement des installations d'entreposage, doivent être programmées.

Les anciens entreposages de déchets radioactifs comprennent des installations de la société Areva, du CEA et d'EDF. Les déchets entreposés dans ces installations ont vocation à faire l'objet d'opérations de reprise. Toutefois, ces dernières peuvent parfois être difficiles et des retards fréquents sont constatés par rapport aux échéances annoncées.

L'enjeu principal dans les prochaines années est de s'assurer, dans l'attente d'un désentreposage complet, que le niveau de sûreté des installations reste acceptable et que les exploitants respectent leurs engagements, notamment en termes de délais.

Certains déchets de très faible activité ont pu, par le passé, être stockés directement sur certains sites nucléaires à partir du moment où le niveau d'activité des déchets était jugé suffisamment faible. Cette pratique a cessé après l'adoption d'un arrêté en 1999.

La butte de déchets très faiblement radioactifs redécouverte à Bugey en 2006 est un exemple de cette situation.



Recommandation du plan

D'ici la mi-2010, les exploitants nucléaires devront proposer un programme afin de vérifier qu'il n'existe pas, dans le périmètre de leurs installations ou de leurs centres, de stockages historiques de déchets qui n'auraient pas été mentionnés lors des déclarations à l'Andra pour l'inventaire national établi en 2009.

Des déchets radioactifs peuvent également être entreposés sur des sites classés pour la protection de l'environnement. C'est le cas notamment de Rhodia qui entrepose sur son site de La Rochelle, outre les matières contenant du thorium considérées comme valorisables, différents types de déchets radioactifs, issus des opérations d'extraction et de traitement des minerais pour la séparation des terres rares.

Les premières opérations liées au cycle du combustible nucléaire ont également conduit à l'entreposage d'environ 300 000 tonnes de boues sur le site de l'usine de conversion de Comurhex à Malvézi. Certains des bassins contenant ces boues font actuellement l'objet d'une modification administrative en vue d'un classement d'une partie du site en installation nucléaire.



Résidus de procédé d'extraction de terres rares, Rhodia.

FOCUS

Inventaire national

L'inventaire national est publié régulièrement par l'Andra. Il présente les stocks de déchets et de matières (à fin 2007 pour la dernière version publiée en juin 2009) ainsi que des prévisions à fin 2020, à fin 2030 et à l'issue de la durée de vie des installations existantes ou autorisées (réacteurs existants, EPR en cours de construction à Flamanville, usine de La Hague, installations du CEA civiles et de défense...). Cet inventaire présente également les capacités d'entreposage pour les différentes catégories de déchets ainsi que les besoins d'entreposage pour les déchets HA et MAVL relevant du stockage profond. Enfin, l'inventaire présente les stocks de matières radioactives et les sites pollués par la radioactivité. www.andra.fr, rubrique Éditions/ Inventaire national.

DÉFINITION

Matières radioactives

Les matières radioactives sont des substances radioactives valorisables, autrement dit pour lesquelles une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement.

REPÈRE

La gestion à long terme des matières radioactives consiste à mettre en œuvre les modes de valorisation.



Recommandation du plan

Il est demandé à Comurhex de remettre, d'ici fin 2011, une étude proposant des filières de gestion à long terme pour ces boues ainsi que des modalités de gestion des nouveaux déchets produits par le fonctionnement des installations.

Une capacité d'entreposage à étendre

L'adéquation entre la capacité des entreposages récents et les volumes prévisionnels de déchets doit être vérifiée. *L'Inventaire national des matières et déchets radioactifs*, publié en 2009, évalue à cette fin les quantités cumulées de déchets à différentes échéances. Pour les déchets nécessitant un entreposage intermédiaire (notamment dans l'attente de la filière de gestion de long terme), l'inventaire national compare ces stocks à la capacité d'entreposage temporaire.

Pour les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL), l'évaluation montre que les installations d'entreposage sur les sites de production devraient permettre de répondre aux besoins prévisionnels jusqu'à la mise en exploitation du stockage profond (envisagée en 2025), sous réserve de la réalisation des extensions d'ores et déjà prévues par Areva, le CEA et EDF notamment sur les sites de La Hague, Marcoule, Cadarache et Bugey.



Recommandation du plan

Plusieurs études sont demandées à l'Andra, à EDF, au CEA et à Areva pour analyser comment intégrer au mieux ces nouvelles installations d'entreposage dans le schéma global de gestion à long terme des déchets HA-MAVL après l'ouverture du centre de stockage profond réversible à l'horizon 2025.

Concernant les déchets de faible activité à vie longue (FAVL) du nucléaire diffus, il est prévu que l'Andra crée une installation d'entreposage en visant une mise en service industrielle en 2012. Ces déchets proviennent notamment d'activités historiques telles que la manipulation et l'utilisation du radium dans la première moitié du XX^e siècle. De plus, une comparaison plus détaillée entre la capacité globale d'entreposage FAVL et l'inventaire prévisionnel de l'ensemble des déchets FAVL devra être réalisée à une échéance à déterminer en cohérence avec l'évolution globale du projet de stockage à faible profondeur.

Gérer à long terme les matières valorisables

L'utilisation des matières radioactives peut avoir lieu en France ou à l'étranger ; à des fins de transparence, le PNGMDR présente un bilan des divers flux de matières valorisables aux frontières (importations, exportations, flux net).



Recommandation du plan

L'ensemble des propriétaires français de matières radioactives valorisables doit, à titre conservatoire, mener avant fin 2010 des études sur les filières possibles de gestion au cas où ces matières seraient à l'avenir qualifiées de déchets.

Les combustibles usés

L'essentiel des combustibles usés présents sur le sol français est destiné au traitement, actuellement réalisé à l'usine Areva de La Hague. L'uranium (de retraitement) et le plutonium extraits peuvent être valorisés comme expliqué ci-dessous. De faibles quantités de combustibles usés de réacteurs de recherche sont cependant assimilées à des déchets de type « haute activité » (par exemple les combustibles du réacteur EL4 de Brennilis) et gérés comme tels.

L'uranium

Il existe différentes formes d'uranium : naturel, enrichi, appauvri et de traitement.

L'uranium naturel

À partir de l'uranium naturel, les usines d'enrichissement produisent deux flux de substances : d'une part, de l'uranium enrichi en isotope ^{235}U , utilisé dans la fabrication des combustibles et, d'autre part, de l'uranium appauvri en ^{235}U (teneur de l'ordre de 0,4 %).

L'uranium enrichi

L'uranium enrichi sert à la fabrication des combustibles pour la production d'électricité d'origine nucléaire, et est donc d'ores et déjà valorisé.

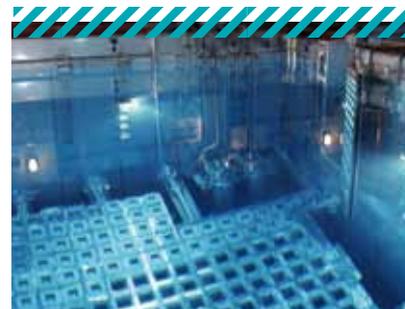
L'uranium appauvri

L'uranium appauvri peut être destiné à trois usages :

- il entre depuis plusieurs années dans la composition du combustible MOX, qui alimente certains réacteurs d'EDF ;
- il peut être ré-enrichi à des teneurs plus élevées, ce qui peut être économiquement intéressant en cas de hausse des cours de l'uranium naturel ou si les techniques d'enrichissement évoluent ;
- à plus long terme, il sera valorisable à grande échelle dans les réacteurs à neutrons rapides de quatrième génération, dont le déploiement pourrait intervenir à partir du milieu du XXI^e siècle.

L'uranium de retraitement

L'uranium de retraitement (URT), extrait des combustibles usés, contient toujours une part significative d'isotope ^{235}U , de l'ordre de 0,8 %. À la demande du client EDF, cet uranium de retraitement peut être envoyé vers une usine d'enrichissement, pour produire de l'uranium de recyclage enrichi (URE) utilisé pour la fabrication de combustibles. Actuellement, sur les 800 tonnes d'uranium de retraitement issues annuellement du traitement de combustibles usés, environ 300 sont ré-enrichies. Les quatre réacteurs du site de Cruas seront ainsi à l'avenir alimentés avec de l'URE. À compter de 2010, en lien avec l'augmentation du traitement des combustibles usés (passage à 1050 tonnes de combustibles usés traités), ce seront de l'ordre de 1000 tonnes d'uranium de retraitement qui seront chaque année issues du traitement des combustibles usés.



Après leur utilisation en réacteur, les combustibles usés sont entreposés dans des piscines remplies d'eau, afin qu'ils refroidissent. La hauteur d'eau permet d'assurer une protection contre les rayonnements qu'ils émettent.



Concentré d'uranium, issu du traitement du minerai. C'est cette matière qui est transportée pour subir ensuite les opérations d'enrichissement.

REPÈRE

Les réacteurs de 4^e génération

Les réacteurs de 4^e génération seront des réacteurs à neutrons rapides. À la différence des réacteurs à eau pressurisée actuels, ils devraient permettre d'utiliser tout le potentiel énergétique de l'uranium. Les stocks actuels d'uranium appauvri disponibles en France permettront, si cette technologie est confirmée, de disposer de ressources pour plusieurs milliers d'années. Les recherches, en France, se concentrent en premier lieu sur la filière de réacteur refroidi au sodium. L'objectif est qu'un prototype de démonstration technologique soit mis en service à l'horizon 2020.



Boîtes contenant de l'oxyde de plutonium, en attente de fabrication de combustible MOX.

DÉFINITION

Combustible MOX

Le combustible MOX (mélange d'oxydes) est un combustible nucléaire à base d'oxyde d'uranium appauvri et d'oxyde de plutonium. Le plutonium utilisé est extrait du combustible usé lors des opérations de retraitement à La Hague. Le MOX est élaboré en France dans l'usine Melox située à Marcoule (Gard). Aujourd'hui, 20 réacteurs nucléaires d'EDF utilisent ce combustible.

CHIFFRES CLÉS

95 % du combustible usé, après irradiation dans les réacteurs nucléaires, est constitué d'uranium qui peut être extrait sous forme d'uranium de retraitement, lequel peut être valorisé.

En France, le combustible MOX utilisé par EDF contribue à la production électrique nucléaire à hauteur de

10 % environ.

Ce sont ainsi de l'ordre de **10 tonnes** de plutonium qui sont annuellement recyclées, soit la totalité du flux issu des combustibles EDF traités dans l'usine de La Hague par Areva.

Le plutonium

De même que l'uranium, le plutonium contenu dans les assemblages combustibles usés est extrait lors de leur traitement. Un combustible usé à l'uranium de type eau légère contient aujourd'hui environ 1 % de plutonium en masse. Le monorecyclage du plutonium est aujourd'hui réalisé dans le combustible MOX.

À plus long terme, le plutonium pourrait être utilisé afin de démarrer des réacteurs de quatrième génération. La quantité de plutonium disponible à l'horizon 2040 pourrait permettre de démarrer environ 25 réacteurs à neutrons rapides de quatrième génération du type étudié par le CEA.

Le thorium

Le thorium possède des propriétés neutroniques qui permettent d'envisager son utilisation dans des réacteurs. Un « cycle thorium », permettant de produire de l'électricité en utilisant le thorium comme combustible, pourrait éventuellement voir le jour, mais pas avant plusieurs décennies au vu des travaux de recherche et développement encore nécessaires.



Recommandation du plan

Au vu des fortes réserves quant au potentiel de valorisation du thorium à court et moyen terme, des réflexions seront menées dans les prochaines années sur l'opportunité et la faisabilité d'un mécanisme pour sécuriser financièrement la gestion à long terme du thorium pour le cas où cette matière serait in fine qualifiée de déchet.

Gérer à long terme les déchets

Le mode de gestion à long terme d'un déchet dépend de sa nature et de sa dangerosité. Pour certaines substances, telles que les résidus et stériles miniers ou certains déchets à radioactivité naturelle renforcée, un stockage sur site ou dans des centres de stockage conventionnels a été jugé adéquat. Pour d'autres, telles que des déchets de très faible activité (TFA) ou des déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC), des centres de stockage dédiés ont été construits.

La gestion sur site ou dans des centres de stockage conventionnels

La gestion sur site concerne les résidus et stériles miniers, ainsi qu'une partie des déchets à radioactivité naturelle renforcée.

La gestion dans des centres de stockage conventionnels concerne, quant à elle, essentiellement des déchets à radioactivité naturelle renforcée. D'autres types de déchets, radioactifs, ont également pu être stockés par le passé dans des centres de stockage conventionnels (11 sites identifiés). Il s'agit essentiellement de boues, terres, résidus industriels, gravats et ferrailles. Compte tenu de la nature de ces stockages et des déchets concernés, les risques en matière de radioprotection apparaissent limités.



Recommandation du plan

L'exhaustivité de l'inventaire des sites ayant accueilli des déchets de faible activité par le passé sera vérifiée et la nécessité de renforcer les mesures de surveillance radiologique sur ces sites sera étudiée.

Les résidus et stériles miniers

En France, des mines d'uranium ont été exploitées entre 1948 et 2001. Les activités d'exploration, d'extraction et de traitement ont concerné environ 210 sites en France, répartis sur 25 départements. Le traitement des minerais, quant à lui, a été effectué dans huit usines.

L'exploration et l'exploitation des mines d'uranium ont généré des résidus et des stériles miniers.

À l'heure actuelle, la gestion de ces produits est une gestion in situ compte tenu des grandes quantités de déchets produites et moyennant la mise en place de dispositions visant à diminuer le risque sur le long terme.

Les résidus miniers, d'un volume évalué à 50 millions de tonnes au total, sont stockés sur 17 sites installés à proximité des installations de traitement de minerai d'uranium.

Avec la fermeture progressive des exploitations minières, le réaménagement des sites de stockage de résidus miniers a consisté en la mise en place d'une couverture solide sur les résidus pour assurer une barrière de protection permettant de limiter les risques d'intrusion, d'érosion, de dispersion des produits stockés et de réduire l'exposition radiologique des populations alentours.

Les études menées par Areva permettent de disposer d'une première indication des impacts à long terme sur la santé et sur l'environnement de ces stockages de résidus miniers. Des analyses complémentaires sont toutefois nécessaires afin de rendre plus robuste la démonstration de la sûreté à long terme des stockages.



Recommandation du plan

Areva étudiera notamment le renforcement de la qualité des couvertures, qui semble une solution efficace, afin d'en évaluer la faisabilité et la pertinence sur l'ensemble des sites de stockage de résidus miniers.

Au début de l'exploitation des mines d'uranium, les stériles miniers étaient mis à la disposition des riverains qui pouvaient avoir besoin de matériau pour des remblais. À partir de 1982, un registre de cession a été mis en place, permettant d'assurer une meilleure traçabilité des stériles ; par la suite, une modification du code minier, intervenue en 1990, a encadré de façon plus stricte la gestion des matériaux issus de l'exploitation minière. Ainsi, les stériles miniers sont présents dans des régions qui disposent naturellement de roches riches en radioactivité naturelle et dans lesquelles il existe donc déjà naturellement des conditions analogues (notamment lors de travaux de construction d'infrastructures). Le problème des stériles rejoint donc en partie le problème de la protection de la population dans les régions à

DÉFINITIONS

Résidus miniers

Les résidus miniers sont des déchets de type très faible activité ou faible activité générés lors des opérations de traitement du minerai.

Stériles miniers

Les stériles miniers correspondent à la matière (sols, roches...) excavée pour accéder au gisement d'uranium que l'on veut exploiter. Ils n'ont pas subi de traitement mécanique ou chimique spécial.

CHIFFRE CLÉ

17 sites de stockage de résidus miniers à proximité des installations de traitement de minerai d'uranium.



Ancien site minier de Bellezane (Haute-Vienne) avant son réaménagement.



Ancien site minier de Bellezane (Haute-Vienne) après son réaménagement.

FOCUS

Les quatre axes clés de la circulaire du 22 juillet 2009

Dans le prolongement des actions déjà conduites et afin de poursuivre de manière résolue la gestion des anciennes mines d'uranium, le ministère du Développement durable et l'ASN ont défini, par circulaire du 22 juillet 2009, un plan d'action composé des axes de travail suivants :

- contrôler les anciens sites miniers ;
- améliorer la connaissance de l'impact environnemental et sanitaire des anciennes mines d'uranium et la surveillance ;
- gérer les stériles : mieux connaître leurs utilisations et réduire les impacts si nécessaire ;
- renforcer l'information et la concertation.

DÉFINITION

Les déchets à radioactivité naturelle renforcée

Ce sont des déchets générés par la transformation de matières premières contenant naturellement des éléments radioactifs mais utilisées pour d'autres raisons que leurs propriétés radioactives.

radioactivité naturelle plus élevée que la moyenne. Toutefois, la réutilisation de ces stériles dans l'environnement peut conduire, au fil des ans, à ce que l'usage du sol ne soit pas compatible avec la présence de tels stériles (par exemple en cas de constructions d'habitations à l'aplomb de tels remblais).



Recommandation du plan

Sans remettre a priori en cause de manière systématique les utilisations passées, Areva devra établir, pour fin 2011, un recensement des lieux de réutilisation des stériles et les situations pour lesquelles des incompatibilités entre l'usage des sites et la présence de ces stériles devront être identifiées et gérées.

Les déchets à radioactivité naturelle renforcée

Les déchets à radioactivité naturelle renforcée sont d'origines diverses et peuvent représenter des volumes significatifs. Il s'agit de déchets à vie longue de faible, voire très faible activité :

- les déchets à radioactivité naturelle renforcée de très faible activité sont éliminés soit dans des centres de stockage de déchets dangereux, non dangereux ou inertes, soit au centre de stockage de déchets de très faible activité exploité par l'Andra (cf. p. 15), soit en décharge interne. Ils peuvent enfin être gérés in situ lorsqu'il s'agit de volumes conséquents présentant de très faibles niveaux d'activité. Un exemple de ce type de déchet généré par le passé sont les dépôts de cendres et de phosphogypses. Ces dépôts représentent chacun au moins plusieurs centaines de milliers de tonnes ;
- les déchets à radioactivité naturelle renforcée de faible activité sont en général entreposés chez les industriels car aucune filière d'élimination n'est aujourd'hui opérationnelle (cf. p. 18).

Certains travaux d'aménagement urbains ont également utilisé, par le passé, des remblais de matériaux issus de l'industrie conventionnelle mais présentant de faibles activités radiologiques. C'est le cas des zones portuaires de La Rochelle dont les installations ont été remblayées par des résidus provenant des activités historiques de production de terres rares à partir de minerai contenant du thorium.



Recommandation du plan

La gestion des déchets à radioactivité naturelle renforcée pourrait être améliorée selon quatre axes : la consolidation des inventaires ; le renforcement de la traçabilité ; la mise en œuvre de programmes de surveillance adaptés ; la consolidation des filières actuelles de gestion de ces déchets.

Dans ce cadre, les actions suivantes devront être engagées prioritairement :

- réalisation d'un bilan de l'application de la circulaire relative à l'acceptation de déchets à radioactivité naturelle renforcée en centre de stockage de déchets ultimes conventionnels ;
- réalisation d'un inventaire des filières de valorisation des résidus contenant de la radioactivité naturelle renforcée ;

- mise à disposition par l'Andra de solutions d'entreposage pour les industriels produisant ponctuellement des déchets à radioactivité naturelle renforcée destinés à être stockés dans le futur centre de stockage à faible profondeur.

La gestion dans des centres de stockage dédiés aux déchets radioactifs

Le centre de stockage de surface des déchets de très faible activité (TFA)

La politique de gestion des déchets de très faible activité issus des installations nucléaires en France ne repose pas sur des seuils de libération universels mais sur l'origine des déchets au sein de l'installation. Toutes les substances issues d'une « zone à déchets nucléaires » d'une installation nucléaire sont donc considérées comme des déchets radioactifs, *a minima* TFA, même lorsqu'elles ne présentent qu'un risque extrêmement faible de contenir des éléments radioactifs.

Pour accueillir les déchets TFA, l'Andra exploite, depuis août 2003, un centre de stockage de surface dédié sur la commune de Morvilliers (Aube).

À la fin de l'année 2008, le volume total de déchets stockés au centre TFA était d'environ 115 700 m³, représentant environ 18 % de la capacité réglementaire autorisée (650 000 m³). Afin de ne pas saturer le centre avant la date prévue lors de sa conception et de préserver la ressource rare que constitue le volume de stockage, de nouvelles pistes d'optimisation de la gestion de ces déchets doivent être étudiées. Ainsi, la valorisation dans le secteur nucléaire des métaux et bétons issus du démantèlement des installations nucléaires doit être encouragée.



Recommandation du plan

Areva, le CEA, EDF et l'Andra devront conjuguer et accroître leurs efforts pour mettre en place des filières de valorisation dans le secteur nucléaire. Il est également nécessaire que les principaux producteurs de déchets examinent les possibilités techniques et l'opportunité économique de densification des déchets livrés au centre TFA.

La gestion au plan industriel des déchets de grande dimension dans le centre de surface TFA nécessite aujourd'hui un découpage préalable pour les déchets de plus de 30 tonnes. L'Andra examinera l'intérêt de développer une filière industrielle de prise en charge de ces déchets dans des alvéoles de stockage dédiées.

Le centre de surface TFA ne peut pas prendre en charge certains déchets TFA toxiques chimiquement alors qu'ils seraient acceptables en centres de stockage de déchets ultimes (centres d'enfouissement technique) s'ils ne présentaient pas de caractère radioactif ; ces déchets sont donc aujourd'hui sans filière d'élimination. L'Andra réalisera une étude comparée des approches de sûreté des centres de déchets ultimes conventionnels et du centre de stockage de surface des déchets TFA afin de définir les modalités de gestion à retenir pour ce type de déchets.



Centre de stockage de surface pour les déchets TFA (de très faible activité) à Morvilliers (dans l'Aube).



Mise en place de déchets TFA dans une alvéole de stockage, creusée à quelques mètres de profondeur dans une roche argileuse.



Vue aérienne du centre de stockage de la Manche (CSM) à Digulleville.



Centre de stockage de surface pour les déchets FMA (de faible et moyenne activité) situé à Soulaines-Dhuys (dans l'Aube).



Colis de déchets FMA empilés dans une alvéole de stockage. Cette alvéole sera ensuite fermée par une dalle de béton.

La filière de stockage des déchets de faible et moyenne activité à vie courte (FMA-VC)

Les déchets FMA-VC sont gérés dans une filière dédiée, historiquement au travers du centre de stockage de surface de la Manche et actuellement au travers du centre de stockage de surface FMA de l'Aube à Soulaines-Dhuys.

Le centre de stockage de surface de la Manche (CSM)

Depuis sa mise en service en 1969 et jusqu'en 1994, 527 000 m³ de colis de déchets ont été stockés au centre de stockage de surface de la Manche (CSM), à Digulleville. Le CSM est désormais en phase de surveillance depuis 2003. L'étanchéité du centre repose sur la mise en place d'une couverture. En 2009, l'Andra a remis à l'ASN un rapport sur l'évolution de cette couverture, proposant des solutions pour améliorer la stabilité à long terme des talus, trop raides du fait des limitations de l'emprise actuelle du centre.



Recommandation du plan

Il est probable qu'à terme l'emprise de la couverture nécessitera une extension du centre, ce qui implique dès à présent de la part de l'Andra une veille sur la disponibilité foncière des terrains contigus au centre.

Le centre de stockage de l'Aube (CSFMA)

Le centre de stockage de surface de l'Aube (CSFMA), d'une capacité d'un million de mètres cubes, situé à Soulaines-Dhuys, a pris le relais du CSM à partir de 1992. Il bénéficie du retour d'expérience du CSM et des règles de sûreté qui y ont été établies dans les années 1980. À la fin 2008, 220 000 m³ de colis de déchets y ont été stockés représentant environ 22 % de sa capacité autorisée. Les efforts de réduction de la production de déchets FMA-VC à la source dans les installations nucléaires ont permis d'allonger significativement la durée de vie du centre jusqu'en 2040-2050. Il convient toutefois de rester vigilant et de suivre dans les prochaines années l'évolution du volume de déchets restant en entreposage ainsi que le calendrier prévisionnel de leur conditionnement et de leur mise en stockage.



Recommandation du plan

Cette filière fait l'objet de deux principaux sujets d'étude :

- *le stockage de déchets de grandes dimensions (couvercles de cuves) : des opérations de ce type, déjà réalisées à la suite de maintenances, sont prévues ou à l'étude pour des déchets de démantèlement. Cette option de stockage par rapport à un conditionnement en colis standard mérite d'être appréciée. En s'inspirant des approches internationales, l'Andra et les producteurs de déchets concernés étudieront donc des critères permettant d'évaluer la pertinence du stockage en l'état de déchets FMA-VC de grandes dimensions ;*
- *la limitation de la quantité de tritium susceptible d'être acceptée : l'expérience acquise au centre de stockage de surface de la Manche a conduit l'Andra à limiter les quantités de tritium susceptibles d'être acceptées au CSFMA, en vue d'éviter la contamination par le tritium des sols et de la nappe. Une réflexion sur de nouveaux critères d'acceptation au CSFMA pour les déchets qui contiennent des quantités significatives de tritium sera conduite.*

Développer de nouveaux modes de gestion pour le long terme

Cette partie présente les modes de gestion de long terme en développement pour certaines catégories de déchets n'en disposant pas encore, en particulier les déchets contenant du tritium, les sources radioactives scellées, les déchets de faible activité à vie longue (FAVL) et les déchets de haute et moyenne activité à vie longue (HA-MAVL). Elle aborde également le cas des très faibles quantités de déchets qui ne peuvent aujourd'hui être rattachées à un projet de filière de long terme en développement ; le PNGMDR prévoit des études afin de définir les filières de gestion pour ces déchets.

Les déchets contenant du tritium

Les déchets contenant du tritium (déchet dits tritiés) sont actuellement en grande majorité issus d'activités liées à la défense nationale. Le tritium est également utilisé dans des activités de recherche, dans le secteur pharmaceutique ou dans des hôpitaux, que l'on nomme de façon générique le nucléaire diffus. À l'avenir, des quantités significatives de déchets tritiés seront également produites par l'exploitation et le démantèlement de l'installation ITER (pour la recherche sur la fusion nucléaire).

Les filières aujourd'hui opérationnelles pour l'évacuation des déchets tritiés concernent uniquement les déchets les moins actifs. Pour les autres, compte tenu de la forte mobilité du tritium à travers les milieux qui le contiennent, il n'apparaît pas possible de les accueillir immédiatement dans les stockages de surface de l'Andra ; cette pratique aurait pour conséquence de marquer la nappe phréatique autour du stockage par le tritium. Les déchets tritiés dont la concentration en tritium est élevée ne disposent donc actuellement pas de filière de gestion à long terme.

Le PNGMDR publié en 2007 avait demandé au CEA, qui détient actuellement l'essentiel des déchets sans filière, d'étudier des solutions d'entreposage dans l'attente d'une baisse suffisante de l'activité du tritium.

Les nouveaux concepts d'entreposage proposés par le CEA apportent aujourd'hui une solution concrète assurant la sûreté à court et moyen termes de la gestion des déchets tritiés, dans l'attente de la mise en place de filières d'élimination définitives.



Recommandation du plan

En conséquence, le CEA devra construire de nouveaux entreposages pour les déchets qui lui appartiennent, en respectant les principes définis dans son dossier d'orientation.

Des solutions opérationnelles pour la gestion des déchets tritiés sans filière n'appartenant pas au CEA mais provenant du secteur du nucléaire diffus doivent par ailleurs être déterminées par l'Andra, en lien avec le CEA.

Il conviendra également que l'Andra, en lien avec les détenteurs concernés, consolide l'inventaire de ces déchets tritiés du nucléaire diffus en prenant notamment en compte les objets et sources scellées radioactifs présents dans les équipements civils (aéronautique, chemins de fer...) et ceux de la défense.

DÉFINITIONS

Nucléaire diffus

Certains hôpitaux, centres de recherche et industries utilisent la radioactivité pour des activités autres que la production d'électricité, la défense nationale ou la recherche nucléaire. Les déchets radioactifs qu'ils produisent résultent notamment d'examens médicaux de scintigraphie, d'expériences pour la mise au point de certains médicaments ou de certains tests de soudure industrielle. Si le nombre de producteurs de ce type de déchets est important, le volume engendré reste faible.

Tritium

Le tritium est un élément radioactif. C'est un isotope de l'hydrogène constitué d'un proton et de deux neutrons. Du fait de sa dilution avec l'hydrogène, très abondant, dont il possède les mêmes propriétés chimiques et physiques, la concentration en tritium est toujours très faible.

DÉFINITION

Sources radioactives scellées

Les sources radioactives scellées sont des objets de petite taille, utilisés pour leurs propriétés radioactives dans de multiples applications (médicales, scientifiques ou industrielles). Elles concentrent la radioactivité dans de petits volumes et sont le plus souvent constituées de métaux inoxydables qui ont une grande longévité.



Échantillon de sources radioactives scellées.

Les sources radioactives scellées

Le nombre de sources radioactives scellées est important (plusieurs dizaines de milliers voire de millions d'exemplaires), mais leur volume est très faible (moins de 1 % du volume total de déchets radioactifs).

Une fois la durée d'utilisation autorisée atteinte (10 ans en France sauf prolongation sous certaines conditions), les sources scellées doivent être rendues à leur fournisseur, qui les retourne au fabricant ou les fait éliminer dans des installations autorisées. Il s'ensuit concrètement trois possibilités :

- retour de la source vers le fournisseur, puis exportation vers un fournisseur ou un fabricant étranger ;
- retour vers le fournisseur, puis vers le fabricant situé sur le territoire français ;
- pas de fournisseur identifié, un système doit alors être mis en place permettant la reprise de la source.

En France, la majorité des sources scellées usagées est actuellement entreposée temporairement, dans l'attente d'une solution de gestion définitive. L'Andra n'est en effet autorisée à stocker au centre de stockage de surface de l'Aube (CSFMA) qu'une partie de l'inventaire des sources usagées. Afin de remédier à cette situation, l'Andra a remis, en 2008, une étude des procédés permettant le stockage des sources scellées usagées dans des centres existants ou à construire.



Recommandation du plan

Ce schéma pour l'orientation des sources devra être précisé et complété dans les prochaines années en vue de sa mise en œuvre opérationnelle.

Les déchets de faible activité à vie longue (FAVL)

Les déchets radioactifs de faible activité à vie longue doivent faire l'objet d'une gestion spécifique, adaptée à leur longue durée de vie qui ne permet pas leur stockage en surface dans les centres de l'Andra dans l'Aube. Leur faible radioactivité ne justifie toutefois pas de les stocker en couche géologique profonde. Ces déchets comprennent notamment des déchets graphites, issus de l'exploitation et du futur démantèlement des réacteurs EDF de la filière « uranium naturel graphite gaz » et des déchets radifères, principalement issus du traitement de minéraux contenant des terres rares.

La solution de gestion à l'étude est un stockage à faible profondeur (entre 15 et 200 m), dans une couche géologique peu perméable (essentiellement de type argileuse ou marneuse) et d'épaisseur suffisante (au moins 50 m). Le volume à stocker est de l'ordre de 200 000 m³ de déchets conditionnés.



Stockage FAVL à faible profondeur, de type stockage en couverture remaniée. La roche est excavée à ciel ouvert. Après stockage des déchets, la zone est remblayée avec les matériaux naturels extraits du site.



Stockage FAVL à faible profondeur, de type stockage en couverture intacte. Le stockage est creusé en en sous-sol ; les galeries d'accès sont remblayées une fois les déchets stockés.

À la demande du Gouvernement, l'Andra a lancé en 2008 la recherche de sites favorables au stockage de ces déchets, afin d'y réaliser des investigations approfondies. L'Andra a ainsi reçu une quarantaine de candidatures de communes intéressées par le projet et situées dans des zones *a priori* favorables. Après évaluation technique des candidatures et consultation de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), de la Commission nationale d'évaluation (CNE) et des élus des territoires concernés, deux sites du département de l'Aube ont été identifiés. Les communes concernées ayant retiré leur candidature, le processus de recherche de site de stockage se poursuit.



Recommandation du plan

La recherche de site sera poursuivie avec pour objectif l'exemplarité, aussi bien du point de vue de la sûreté nucléaire que de la concertation et de la transparence, en respectant le principe du volontariat des territoires. Il est d'ores et déjà prévu qu'un débat public soit organisé préalablement au choix de site.

En parallèle de la recherche de sites, des études seront poursuivies concernant la connaissance, le traitement et le conditionnement des déchets FAVL. Le travail d'inventaire quantitatif et de caractérisation des déchets devra également être approfondi afin que l'Andra puisse proposer un modèle d'inventaire de dimensionnement du stockage.

Les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL)

Les recherches relatives à la gestion à long terme des déchets radioactifs de haute et moyenne activité à vie longue (HA-MAVL) se poursuivent, principalement autour de trois axes de recherches définis par la loi de 2006 : le stockage réversible profond (solution de référence), la séparation-transmutation des éléments radioactifs à vie longue et l'entreposage. En complément, des recherches sont également menées sur le traitement et le conditionnement des déchets. L'objectif est de disposer d'ici 2015 des éléments pour instruire la demande d'autorisation d'un centre de stockage profond.

Le stockage réversible profond

Le stockage réversible profond, à une profondeur de l'ordre de 500 m, constitue l'option de gestion de référence pour les déchets HA-MAVL.



Schéma de principe du centre de stockage géologique profond, comprenant des installations de surface et des zones de stockage souterraines.

La loi précise que le stockage réversible profond constitue l'option de référence pour les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pas être stockés en surface ou en faible profondeur pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection. Elle fixe un objectif de mise en service du stockage en 2025, sous réserve des autorisations à instruire à partir de 2015. Elle impose en outre que le stockage soit réversible pendant une durée d'au moins 100 ans, les conditions de réversibilité devant être fixées par le Parlement dans une nouvelle loi à l'horizon 2015.

Depuis 2005, la faisabilité d'un tel stockage est acquise. Les recherches récentes de l'Andra, notamment dans le laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne, ont permis de préciser la conception du stockage, d'affiner le modèle géologique du secteur étudié, et de définir une zone de taille plus restreinte pour la sélection de site. L'Andra a ainsi proposé au Gouvernement, fin 2009, une zone dite d'intérêt pour la reconnaissance approfondie (ZIRA) dans laquelle seront réalisées des recherches plus poussées en vue de l'implantation des installations souterraines du stockage. Sur la base d'un dialogue avec les acteurs locaux, l'Andra a également proposé des scénarios pour l'implantation des installations de surface du stockage. Le Gouvernement a saisi l'ASN et la CNE pour avis technique et a aussi consulté le Comité local d'information et de suivi (CLIS) mis en place auprès du laboratoire de Meuse/Haute-Marne. La CNE et l'ASN ont rendu un avis technique positif. Le Gouvernement prendra position début 2010, dès le retour du CLIS. Les études se poursuivront ensuite dans et autour de cette ZIRA, notamment afin d'affiner la connaissance géologique de la zone.

La séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue

C'est l'un des deux autres axes étudiés en complément du stockage réversible profond. Le bilan des recherches a permis de conclure que la séparation est faisable et que la transmutation est envisageable dans des réacteurs à neutrons rapides de quatrième génération (qui pourraient être mis en service à une échelle industrielle à partir du milieu du siècle). Cependant, compte tenu des résultats obtenus, il est acquis que ce procédé ne pourra être appliqué qu'à une partie des éléments contenus dans les déchets HA-MAVL futurs et qu'il n'est pas réaliste de l'envisager pour les déchets vitrifiés produits jusqu'à aujourd'hui. Les performances technico-économiques des différents scénarios de transmutation sont en cours d'évaluation.

L'entreposage

Il constitue le dernier axe étudié en complément du stockage réversible profond. Depuis 2006, l'entreposage dit de longue durée n'est plus étudié comme solution de gestion à long terme car il soulève la question des charges reportées sur les générations futures. L'entreposage de longue durée supposerait en effet un contrôle actif de la société, présente et future, pendant la durée d'entreposage, ainsi qu'une reprise et une nouvelle gestion des déchets à terme.

Désormais les travaux sur l'entreposage consistent en des études appliquées, visant à accompagner à l'horizon 2015 l'extension d'installations existantes ou la création de nouvelles installations. Les études menées par l'Andra visent en particulier à concevoir des installations d'entreposage qui soient aussi complémentaires que possible du stockage, afin d'optimiser la gestion d'ensemble des déchets HA-MAVL, en tenant compte du principe de réversibilité du stockage fixé par la loi.

DÉFINITION

Séparation-transmutation

Désigne la transformation, suite à une réaction nucléaire, d'un élément en un autre élément. La transmutation peut être réalisée en réacteur ou à l'aide d'un accélérateur de particules. C'est une voie étudiée pour l'élimination de certains radioéléments contenus dans les combustibles usés se retrouvant actuellement dans les déchets radioactifs ultimes. L'objectif est d'en diminuer la nocivité en les transformant en des radioéléments de durée de vie plus courte. À cette fin il faut séparer préalablement les divers radioéléments pour les soumettre à des flux neutroniques spécifiques ; l'ensemble du processus est alors appelé séparation-transmutation.

Le traitement et le conditionnement

Enfin, les trois axes de recherche précédents sur la gestion à long terme des déchets sont complétés par d'autres études plus spécifiques sur le traitement et le conditionnement des déchets HA-MAVL. Actuellement les déchets HA sont conditionnés à l'échelle industrielle grâce à la vitrification ; les déchets MAVL ont été, ou sont actuellement, conditionnés au moyen du compactage, de la cimentation ou du bitumage.



Recommandation du plan

Les recherches en cours, à poursuivre et à accentuer dans les prochaines années, visent notamment à mettre en œuvre des modes de conditionnement adaptés pour les déchets MAVL contenant des matières organiques et à préciser les modes de conditionnement pour l'ensemble des déchets MAVL historiques non encore conditionnés (pour lesquels la loi précise qu'ils doivent être conditionnés avant 2030).

La suite du processus pour la définition de la filière de gestion des déchets HA-MAVL prévoit qu'un certain nombre d'éléments de réponse soient apportés à l'horizon 2012 :

- **sur le stockage profond** : *l'Andra poursuivra ses études et recherches afin de remettre, fin 2012, un dossier de support à l'organisation d'un débat public sur les déchets prévu en 2013, comprenant notamment une proposition de site pour l'implantation du centre de stockage. Il est ensuite prévu que l'Andra dépose la demande d'autorisation de création du stockage fin 2014, conformément à l'objectif fixé par la loi ;*
- **sur la séparation-transmutation** : *le bilan des recherches menées par le CEA sera complété et mis à jour en 2012 ; il comprendra notamment les perspectives industrielles et l'apport de ce procédé par rapport au stockage direct profond. En parallèle, une revue de faisabilité sur des réacteurs de quatrième génération sera conduite en 2012 dans la perspective d'un choix entre les filières de réacteurs étudiées ;*
- **sur l'entreposage** : *il est prévu que l'Andra remette fin 2012 un bilan de l'ensemble des études et recherches qu'elle aura pilotées et coordonnées.*

Les déchets actuellement sans filière de gestion

La très grande majorité des déchets peut aujourd'hui être gérée dans une filière de long terme existante ou en projet. Si des progrès ont été faits depuis le précédent PNGMDR (définition de filières pour les sources scellées usagées ou pour les déchets contenant du tritium), il reste encore un faible volume (moins de 0,1 % du total) de déchets qui, principalement pour des raisons de composition chimique, ne peuvent être rattachés à une filière de long terme existante (par exemple, certains déchets radioactifs amiantés).



Recommandation du plan

Des études sont demandées à l'Andra et aux producteurs de déchets afin de mettre au point des procédés de décontamination ou de traitement de ces déchets qui permettraient de les rattacher ensuite à une filière de long terme existante ou en projet.

En France, près de 90 % du volume des déchets radioactifs dispose d'ores et déjà de filières de gestion à long terme, les autres déchets étant entreposés temporairement dans l'attente de telles filières. Si le cadre de gestion mis en place est solide, des progrès doivent néanmoins encore être réalisés, en particulier pour définir des filières de gestion à long terme pour l'ensemble des déchets.

Depuis la publication du premier PNGMDR en 2007, des avancées notables ont été réalisées, en particulier pour définir des filières pour certaines catégories de déchets n'en disposant pas encore (par exemple pour les sources radioactives scellées et les déchets contenant du tritium). Un jalon important a également été franchi fin 2009 dans le cadre du projet de stockage réversible profond : l'Andra a remis quatre études portant notamment sur la conception du centre de stockage et sur le choix d'une zone de taille restreinte pour des recherches approfondies.

La nouvelle édition du PNGMDR est l'occasion de définir un plan d'actions dans de nouveaux domaines : programmer la reprise de déchets de certains anciens entreposages, étudier l'impact de la réutilisation historique de stériles miniers ou améliorer la cohérence globale de la gestion des matières et déchets radioactifs.

Le PNGMDR définit également un programme de travail conséquent pour les années à venir afin de poursuivre et d'intensifier les actions d'ores et déjà engagées dans le cadre du PNGMDR précédent :

- projet de stockage réversible profond (proposition de site par l'Andra en 2012 en vue d'un débat public) ;
- projet de stockage à faible profondeur ;
- déchets historiques à conditionner ;
- impact à long terme des stockages de résidus miniers à réduire ;
- nouvelles filières à mettre en place industriellement pour les déchets n'en disposant pas encore.

La publication, dans la transparence et la concertation, d'un nouveau PNGMDR 2013-2015 permettra de conforter les avancées en termes de gestion des matières et de déchets radioactifs en France.

Les principaux acteurs de la gestion des matières et des déchets radioactifs

En France les principaux acteurs sont :

- les producteurs de matières et déchets radioactifs, en particulier Areva, le CEA et EDF ;
- l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), le gestionnaire des déchets radioactifs, dont les missions comprennent notamment la conception et l'exploitation de centres de stockage, la réalisation d'études et de recherches sur l'entreposage et le stockage profond, la collecte de déchets radioactifs dont les responsables sont défaillants et l'information du public ;
- des instituts de recherche autres que l'Andra : le CEA et le CNRS ;
- les ministères chargés de l'énergie, de l'environnement, et de la recherche. En particulier, au sein du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM), la direction générale de l'énergie et du climat élabore la politique et met en œuvre les décisions du Gouvernement relatives au secteur nucléaire civil, exceptées celles ayant trait à la sûreté nucléaire et à la radioprotection ;
- l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), autorité administrative indépendante qui assure le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour les installations et activités nucléaires civiles. Le délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense (DSND) assure la même mission dans le domaine de la défense.
- l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) intervient en appui technique aux autorités de sûreté nucléaire ;
- l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) ;
- la Commission nationale d'évaluation (CNE) qui assure une évaluation annuelle des recherches dans le domaine de la gestion des matières et des déchets radioactifs, et qui transmet son rapport au Parlement ;
- des représentants de la société civile, des associations de protection de l'environnement et des représentants d'élus, qui participent aux échanges organisés pour promouvoir la transparence et la concertation. Dans ce domaine, il faut également souligner le rôle important du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN), du Comité local d'information et de suivi (CLIS), mis en place auprès du laboratoire souterrain de Meuse – Haute-Marne, ainsi que des commissions locales d'information, implantées autour des installations nucléaires de base (INB) et regroupées en une Association nationale des CLI (ANCLI).

Pour en savoir plus

www.developpement-durable.gouv.fr/Energie-nucleaire

www.asn.fr

www.andra.fr

www.cea.fr

http://pacen.in2p3.fr

www.irsn.fr

www.senat.fr/opecst

www.hctisn.fr

www.ancli.fr

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer,
en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat

Conception éditoriale : SG/DICOM/DIE - Conception graphique : SG/DICOM/DIE/Christophe Cazeau
Impression : SG/SPSSI/ATL2 - Réf. : DICOM-DGEC/PLA/09012-1 - Mai 2010



Brochure imprimée sur du papier certifié écolabel européen, www.eco-label.com

Crédits photos

Couverture : (de gauche à droite) : Andra - P. Demail/Andra - ASN

Pages intérieures (de haut en bas) Page 4 : Andra Page 5 : Andra - P. Demail/Andra - Andra Page 6 : Andra (x2) Page 10 : C. Dupont/Areva

Page 11 : Andra Page 13 : P. Demail/Andra - P. Lesage/Areva Page 14 : Areva Page 15 : Areva (x2) Page 17 : Andra (x2)

Page 18 : Zorilla Productions - Andra (x2) Page 20 : Areva

Crédits illustrations

Pages 8-9 : Lorenzo Timon Pages 21-22 : Andra (x3)

**Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer,
en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat**

Direction générale de l'énergie et du climat

Arche Nord – 92055 La Défense Cedex

Tél. : 01 40 81 21 22

www.developpement-durable.gouv.fr

Autorité de sûreté nucléaire

6 place du Colonel Bourgoïn – 75572 Paris cedex 12

Tél. : 01 40 19 86 00

www.asn.fr

