



***Académie des technologies***

*Pour un progrès raisonné, choisi et partagé*

**10**

**questions sur les déchets nucléaires**

---

**Robert Guillaumont, Pierre Bacher**

**Novembre 2004**

# 10

## questions sur les déchets nucléaires

---

**Robert Guillaumont<sup>1</sup>, Pierre Bacher<sup>2</sup>**

---

<sup>1</sup> Robert Guillaumont, professeur des Universités, membre de la Commission Energie & Environnement.

<sup>2</sup> Pierre Bacher, expert auprès de la Commission Energie & Environnement.

## INTRODUCTION

Les questions que se pose le public sur l'énergie portent sur les avantages et inconvénients de chacune d'entre elles et sur les zones incertaines, notamment celles qui nécessitent de la recherche et du développement plus ou moins longs avant que des réponses puissent être apportées. Le rapport de synthèse de la Commission énergie environnement « *Prospective sur l'énergie au XXI<sup>e</sup> siècle* » aborde l'ensemble de ces questions.

L'Académie des technologies a cependant souhaité qu'à côté de ce rapport de synthèse, des sujets particuliers soient abordés sous la forme de « *10 Questions sur...* », ces questions pouvant porter sur une énergie particulière : charbon, pétrole, gaz naturel, hydrogène, biomasse... ou sur un aspect particulier d'une énergie: par exemple les déchets nucléaires.

**C'est la question de la gestion des déchets radioactifs générés lors de la production d'électricité nucléaire** qui est traitée dans ce dossier, car c'est une de celles qui semble préoccuper le plus les citoyens. En effet, les déchets de la filière nucléaire ne résultent pas d'un aléa comme les accidents ou le terrorisme, mais sont inévitables dès qu'on exploite l'énergie nucléaire.

En demandant à MM. Bachet et Guillaumont de répondre à "*10 questions*", la Commission Energie et Environnement de l'Académie des technologies entend proposer aux citoyens, ou du moins à ceux qui disposent d'un peu de temps (le dossier est court), et de la motivation nécessaire pour affronter quelques sigles et concepts un peu complexes, les informations qui leurs sont nécessaires pour se former une opinion.

Le premier de ces éléments concerne les définitions et le cadre institutionnel : qu'appelle-t-on un déchet nucléaire, et comment classe-t-on ces déchets? Le cadre et les définitions choisis sont-ils cohérents avec la pratique internationale? Les Questions 1, 2, 4, et 10 se proposent d'éclairer ces divers points.

La seconde famille de questions porte sur le fond : quels sont les risques que l'on peut associer aux déchets nucléaires, et que doit-on faire pour s'en protéger? et aussi, quels sont les déchets « *qui posent de réels problèmes* » ? Questions 3, 5, et 6

On rappelle enfin que bien des questions restent ouvertes, et que le progrès scientifique et technique ne s'arrête pas aujourd'hui. Certaines voies méritent d'être creusées, et peuvent devenir praticables avec le temps: les trois questions 7, 8, et 9 leur sont consacrées.

On ne cherche donc pas, comme dans le livre édité par l'ANDRA<sup>3</sup>, "*Faut-il avoir peur des déchets nucléaires?*" [1] à traiter au fond une question qui met en jeu beaucoup de choix personnels. Mais on fournit ce qu'on peut appeler « *les éléments de départ* », ceux dont il faut se munir si on veut aller plus loin. On ne cherche pas non plus, comme dans la thèse d'A. Le Dars [2], à répondre aux questions sociétales que pose la gestion durable des déchets industriels en général et nucléaires plus particulièrement.

Certains lecteurs pourront trouver que « *10 questions, c'est déjà beaucoup* », mais d'autres resteront un peu sur leur faim. Pour ces derniers, un guide pour quelques lectures complémentaires est proposé.

---

<sup>3</sup> l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs (ANDRA).

## **10 Questions sur les déchets nucléaires**

- 1. Quand la matière radioactive devient-elle un déchet?**
  - 2. Comment classe-t-on les déchets radioactifs notamment les déchets nucléaires en France?**
  - 3. Quels risques peut-on associer aux déchets radioactifs ?**
  - 4. La gestion actuelle des déchets radioactifs est-elle bien encadrée en France?**
  - 5. Quels déchets posent de réels problèmes et quelles solutions ?**
  - 6. Peut-on diminuer les quantités et la radiotoxicité des déchets?**
  - 7. Peut-on transmuter tout ou partie des radionucléides à vie longue?**
  - 8. Le stockage géologique des déchets ultimes est-il incontournable?**
  - 9. Peut-on entreposer la matière radioactive sur de longues durées ?**
  - 10. Comment l'information sur la gestion des déchets radioactifs se fait-elle ?**
-

## 1. Quand la matière radioactive devient elle un déchet?

La matière radioactive contient des radionucléides<sup>4</sup>. Elle devient un déchet ultime quand on ne peut pas, ou quand on a renoncé à la transformer. Toutefois la matière radioactive se trouvant dans ce cas ne peut être déclarée « déchet » que par l'autorité publique, car sa gestion, à partir de ce moment, est strictement encadrée. La nature et les quantités de déchets radioactifs ultimes dépendent du niveau de tri de la matière radioactive sur la base des caractéristiques des radionucléides qu'elle contient, période<sup>5</sup> inférieure ou supérieure à 30 ans, émetteurs bêta ou alpha (et de rayons gamma), activité totale faible ou élevée. La matière triée est ensuite conditionnée pour **faire des colis de déchets ultimes**. La gestion des déchets radioactifs au sens réglementaire est à proprement parler la gestion de ces colis de déchets.

Ainsi, **en France les combustibles usés ne sont pas des déchets**, le plutonium séparé lors du retraitement non plus. En revanche, aux États-Unis, en Suède ou en Finlande, les combustibles usés ne sont pas retraités et sont considérés *de facto* comme des déchets.

Les deux stratégies, avec et sans retraitement, ont longtemps été opposées, notamment après la décision du Président Carter d'exclure le retraitement pour limiter les risques de prolifération. Aujourd'hui, cette question est encore débattue, mais apparaît moins centrale qu'il y a un quart de siècle, car les matières fissiles issues du retraitement ne sont que très difficilement utilisables pour les armes.

En revanche, on assiste à une prise de conscience, largement manifestée dans les rencontres scientifiques internationales, que les problèmes de stockage ultime des déchets à haute activité et à vie longue<sup>6</sup>, d'une part, et des combustibles usés non retraités, d'autre part, sont de même nature. L'abus de langage induit souvent des confusions entre ce qui relève des opérations de traitement de la matière radioactive et des opérations de gestion des déchets au sens large qui commencent quand la matière radioactive est déclarée déchet.

On désigne sous le nom de **déchets nucléaires** ceux qui proviennent de l'exploitation de l'énergie de fission pour l'électronucléaire. Les émetteurs bêta à vie courte sont essentiellement des produits d'activation<sup>7</sup> et des produits de fission<sup>8</sup> de l'uranium et du plutonium, les émetteurs alpha à

<sup>4</sup> Un radionucléide est un isotope radioactif, donc instable, qui émet un ou plusieurs rayonnements

<sup>5</sup> La période est le temps au bout duquel la quantité du radionucléide a été divisée par 2.

<sup>6</sup> On utilise généralement les expressions « vie courte », « vie moyenne » ou « vie longue » lorsque l'on reste dans le domaine qualitatif ; lorsque l'on doit faire du quantitatif, il est nécessaire d'utiliser les « périodes » de chaque radionucléide.

<sup>7</sup> Les produits d'activation proviennent de l'absorption de neutrons dans les matériaux du réacteur, notamment les aciers ; les noyaux ayant capturé un neutron deviennent alors eux-mêmes radioactifs

<sup>8</sup> Quand un atome d'uranium ou de plutonium subit une fission, il se « casse » en 2 ou 3 morceaux appelés « produits de fission », libère 2 ou 3 neutrons et de l'énergie.

vie longue sont essentiellement des actinides<sup>9</sup>. Il existe aussi quelques émetteurs bêta à vie longue (technétium et isotopes de l'iode et du césium). Les déchets sont classés en fonction du type d'émetteurs qu'ils contiennent et de leurs durées de vie (cf. Q2).

## 2. Comment classe-t-on les déchets radioactifs, notamment les déchets nucléaires, en France?

Le classement détaillé est assez complexe, mais pour faire simple, on peut se contenter de définir ici 3 catégories :

- Les **déchets de faible activité à vie courte (FAVC)**, qui auront pratiquement perdu leur radioactivité au bout de 3 siècles. Ils renferment surtout des produits d'activation. provenant de l'exploitation des centrales nucléaires et une partie des déchets technologiques des usines du cycle du combustible nucléaire. En France, ils sont appelés « **déchets A** ».
- Les **déchets de faible et moyenne activité à vie longue (FMAVL)**. Ils renferment des émetteurs bêta à vie longue et de faibles quantités émetteurs alpha à vie longue. Ce sont des déchets de procédés et des déchets technologiques des usines de retraitement des combustibles irradiés usés. En France, ils sont appelés « **déchets B** ».
- Les **déchets dits de forte activité à vie longue (HAVL)**. Ils renferment beaucoup d'émetteurs à vie courte (et ont donc une très forte activité initiale) et d'autres à vie longue (et ont donc une activité plus faible à long et très long terme). Ce sont les déchets les plus actifs des usines de retraitement ou, dans les pays qui ont décidé de ne pas les retraiter et de les considérer comme des déchets, les combustibles usés eux-mêmes. En France, les déchets HAVL issus du retraitement sont nommés « **déchets C** ».

Les premiers (**déchets A**) sont stockés en France en surface/subsurface dans deux sites conçus pour être banalisés après 300 ans : le site de la Manche et le site de Soulaines dans l'Aube. Il s'agira de 1 300 000 m<sup>3</sup> pour l'ensemble du programme nucléaire français actuel exploité pendant 40 ans.

Les seconds (**déchets B**) représenteront en France environ 60 000 m<sup>3</sup>.

---

<sup>9</sup> Un actinide est un élément lourd, de nombre atomique supérieur ou égal à celui de l'actinium (89) ; les actinides présents dans les déchets nucléaires sont produits par captures successives de neutrons dans les éléments lourds (tels que l'uranium et le plutonium), suivies de réactions nucléaires plus ou moins complexes.

Les troisièmes (**déchets C**) représenteront en France environ 5 000 m<sup>3</sup> de verres. Ils sont tous pour l'instant entreposés. Lorsqu'ils seront stockés ils devront l'être, de façon sûre, sur de très longues périodes, supérieures à 10 000 ans.<sup>10</sup>

Enfin, un second site a été ouvert à proximité du site de l'Aube pour y stocker les déchets dont la radioactivité est très faible, dits **déchets TFA** (pour très faible activité). Il s'agit et s'agira de plusieurs millions de m<sup>3</sup> de déchets de démantèlement pour l'ensemble du programme nucléaire français. Ces déchets ne sont pas conditionnés.

Les effluents gazeux et liquides, qui sont de la matière faiblement radioactive, sont rejetés de façon contrôlée dans l'environnement et ne sont pas qualifiés de déchets.

### 3. Quels risques peut-on associer aux déchets radioactifs ?

Les radionucléides présents dans les déchets radioactifs sont caractérisés par leur **activité** exprimée en **Becquerel (Bq)**<sup>11</sup>.

**Tout ensemble de radionucléides décroît avec le temps, la période étant la durée nécessaire pour que sa quantité (ou son activité) soit divisée par 2.**

Au bout de 10 périodes, l'activité du radionucléide considéré est divisée par 1 000. La décroissance des émetteurs bêta et alpha a lieu par émission d'électrons ou de noyau d'hélium, particules chargées dite alpha, accompagnée de rayons gamma immatériels.

**Tous ces rayonnements sont ionisants** et peuvent avoir des **effets sur la santé** s'ils atteignent des organes<sup>12</sup>. La mesure des effets d'une exposition à ces rayonnements, appelée **dose efficace**, est exprimée en **Sievert (Sv)**. La dose efficace est le produit de la quantité d'énergie déposée dans les tissus vivants par les rayonnements, que l'on sait estimer, par des coefficients qui dépendent de la nature du rayonnement (1 pour les rayonnements bêta et gamma, 20 pour les rayonnements alpha) et des effets biologiques de ces rayonnements.

La *dose efficace* ainsi déterminée mesure en quelque sorte la radiotoxicité. Pour les faibles doses les risques d'apparitions des effets sont très faibles. Pour protéger le public, la règle de radioprotection adoptée au niveau mondial est que **la dose annuelle ajoutée à la dose naturelle et non**

<sup>10</sup> Les combustibles usés uranium – plutonium (MOX) ne sont pas considérés comme des déchets ; ils sont actuellement entreposés dans des piscines.

<sup>11</sup> Le Bq, une désintégration par seconde, est une unité extrêmement petite. Notre alimentation nous apporte quotidiennement de 100 à 300 Bq et notre corps a une activité naturelle de 10 000 Bq.

<sup>12</sup> On parle alors de radiotoxicité.



**choisie (dose médicale) doit être inférieure à 1 mSv** (la dose naturelle en France varie de 2 à 10 mSv, pour une valeur moyenne de 2,4 mSv).

Les émetteurs bêta gamma peuvent avoir un effet aussi bien par irradiation externe que par irradiation interne ; les émetteurs alpha présentent un risque essentiellement après ingestion, car **les particules alpha ne peuvent pas traverser la peau**. Dans les deux cas, les effets ne peuvent se faire sentir que si la radioactivité atteint l'homme, c'est la raison pour laquelle il est important de confiner les radionucléides et de se protéger contre les rayonnements. La radioactivité mesurée en Bq n'est donc pas nécessairement associée à la radiotoxicité en Sv.

Les radionucléides peuvent également présenter une toxicité chimique qui ne peut, elle non plus, se manifester que s'ils sont ingérés.

#### **4. La gestion actuelle des déchets radioactifs est-elle bien encadrée en France?**

La gestion des déchets radioactifs provenant de l'énergie nucléaire et des usages industriels, de recherche et médicaux de la radioactivité est encadrée par l'autorité de sûreté (Direction Générale de la Radioprotection et de la Sûreté Nucléaire ou DGRSN). Le respect des règles est contrôlé à toutes les étapes de la gestion.

Comme on l'a dit plus haut, les déchets A et TFA sont stockés sur les sites de la Manche (stockage en phase de surveillance) et de l'Aube (stockage en exploitation); les déchets B et C sont entreposés dans des installations nucléaires de base (INB) dont la surveillance est constante.

Il y a eu une amélioration très importante depuis l'époque où les risques de la radioactivité étaient encore mal connus et la surveillance des installations industrielles moins stricte que maintenant. C'est ce qui a conduit l'Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) à dresser un inventaire de tous les sites contenant ou susceptibles de contenir de la matière radioactive non conditionnée.

Pour ce qui concerne les stockages géologiques, la DGRSN diligente des analyses de sûreté tenant compte du comportement prévisible d'un stockage mais aussi des situations accidentelles qui pourraient se produire. Les concepts de stockage sont adaptés en conséquence.

## 5. Quels déchets posent de réels problèmes et quelles solutions ?

Les déchets qui posent des problèmes dont la solution est la plus compliquée sont les déchets à vie longue et les déchets de haute activité provenant de l'utilisation de l'énergie nucléaire, c'est-à-dire les déchets B et C<sup>13</sup>. Bien que l'on doive encore acquérir des données scientifiques et techniques permettant de dimensionner leur stockage pour limiter le retour de radionucléides dans la biosphère, ce sont surtout les choix de sites qui posent des problèmes d'acceptation sociale.

Les **déchets B contiennent relativement peu de radionucléides et ne dégagent pas de chaleur**. En revanche, leur volume est plus important que celui des déchets C. A ce jour, un seul site de stockage géologique de déchets B est en exploitation, aux États-Unis.

Les **déchets C (issus du retraitement) et les combustibles usés (non retraités) sont les seuls à dégager de la chaleur**. C'est la raison pour laquelle ils doivent être entreposés pendant plusieurs dizaines d'années, voire un siècle, pour attendre la décroissance radioactive des radionucléides qui dégagent le plus de chaleur.

Ensuite, ils pourront être stockés, mais ils continueront à dégager un peu de chaleur et ce dégagement sur de très longues périodes de temps est un élément important dans le dimensionnement du stockage.<sup>14</sup>

Quelle que soit la stratégie de gestion des combustibles usés retenue, avec ou sans retraitement, l'objectif ultime de la gestion des déchets radioactifs ultimes de haute activité et des déchets à vie longue est d'empêcher la radioactivité de remonter jusqu'à l'homme en quantités entraînant des effets sur la santé. C'est l'objectif commun pour tous les déchets. Il faut donc les isoler de la biosphère.

Pour atteindre cet objectif, il y a un **large consensus autour du principe de confinement des radionucléides contenus dans les colis de déchets**, à l'aide de plusieurs barrières successives, chaque barrière faisant l'objet de précautions particulières pour préserver au mieux son intégrité :

- **Le premier confinement est le colis de déchet** réalisé dans les installations de conditionnement.
- Les autres barrières dépendent du sort de ces colis. S'ils sont entreposés les installations d'entreposage constituent une deuxième barrière. S'ils sont stockés différentes barrières sont interposées

<sup>13</sup> On se limite à ceux-ci dans la suite de 10 Questions sur... Les questions relatives aux résidus miniers, à l'uranium appauvri issu de l'enrichissement de l'uranium, etc., pourront faire l'objet d'autres « Questions ... ».

<sup>14</sup> On note que c'est également de la radioactivité naturelle (uranium, thorium potassium) qui est à l'œuvre sous le manteau terrestre, chauffe le cœur de la Terre et est à l'origine de la géothermie.

entre les colis et l'homme assurant une pérennité de confinement compatible avec les périodes de décroissance des radionucléides.

- **Les stockages géologiques des déchets B et C ou des combustibles usés** projetés dans divers pays **seront multi barrières** : colis de déchets, conteneurs de stockage, barrière ouvragée<sup>15</sup>, barrière géologique :
  - Dans **les colis de déchets C** la matrice dans laquelle est enrobée la matière radioactive est elle-même choisie pour résister à la lixiviation<sup>16</sup> par l'eau. C'est le cas notamment des verres nucléaires dans lesquels les radionucléides sont dissous. Le conteneur de stockage est résistant à la corrosion, la barrière ouvragée est destinée à la fois à limiter l'arrivée d'eau et à retenir les éventuelles fuites de radionucléides et la couche géologique est destinée à maintenir les déchets à l'abri d'événements extérieurs (glaciation, guerres) et à retarder la migration des radionucléides qui seraient finalement relâchés dans un lointain futur, par exemple des dizaines ou centaines de milliers d'années.
  - Dans **les colis de combustibles usés**, c'est l'oxyde d'uranium qui joue le rôle de matrice retenant les radionucléides. Le combustible usé est enfermé dans un conteneur résistant à la corrosion par l'eau (dans la solution suédoise, le conteneur est en cuivre).

Le dégagement de chaleur en début de vie des colis de déchets C est très important et nécessite des dispositions appropriées de refroidissement : ainsi les colis de verres nucléaires issus du retraitement seront ils entreposés pendant plusieurs décennies avant de pouvoir être placés dans un stockage géologique. En effet, il est généralement admis qu'il faut remplir deux conditions pour en assurer la sûreté :

- Ne pas dépasser une température de 100 °C sur la paroi externe du conteneur, afin d'éviter tout risque d'ébullition de l'eau si celle-ci trouvait son chemin jusque-là : cette condition fixe la quantité de radionucléides que l'on peut mettre par conteneur, en fonction de leurs natures et de leurs dégagements de chaleur.
- Ne pas dépasser un flux de chaleur par unité de surface du stockage (environ 10 kW/ha) compatible avec la bonne tenue de la barrière géologique dans le temps. Pour un terrain donné, cette condition fixe la superficie du stockage, qui sera d'autant plus faible que l'on aura réduit les sources de chaleur

Un stockage géologique est une installation importante. Les volumes à excaver pour les déchets C seraient compris entre 5 et 25 millions m<sup>3</sup>

<sup>15</sup> Par exemple, de l'argile gonflante ou du béton enrobant les colis de stockage.

<sup>16</sup> Lixiviation : « *Lavage d'un mélange par l'eau pour en extraire les produits solubles* » (Petit Robert) et, par extension, lavage d'un solide par contact avec l'eau.

pour une emprise de stockage de l'ordre de 1 000 ha. Soit 10 fois plus que pour les déchets B pourtant 10 fois plus volumineux.

Deux questions restent aujourd'hui ouvertes lorsqu'on veut dimensionner un stockage ou un entreposage de déchets nucléaires:

- Peut-on diminuer les quantités et la radiotoxicité des déchets? (cf. Q6).
- Peut-on transmuter<sup>17</sup> tout ou partie des radionucléides à vie longue ? (cf. Q7).

## 6. Peut-on diminuer les quantités et la radiotoxicité des déchets?

Oui, mais il ne faut pas se contenter de trier les radionucléides comme on le fait aujourd'hui. Il faut en plus détruire certains d'entre eux, notamment ceux qui sont les plus radiotoxiques, c'est-à-dire ceux qui conduiraient, dans divers scénarios de retour de la radioactivité, à la biosphère à partir d'un stockage géologique, à l'exposition la plus élevée.

**Le radionucléide qui présente le risque le plus élevé de radiotoxicité, s'il est traité comme un déchet, c'est-à-dire s'il n'est pas séparé des combustibles usés, est le plutonium**, à la fois par les quantités présentes dans les combustibles usés, et parce qu'un de ses isotopes (241) a une période relativement courte et est une source importante de chaleur<sup>18</sup>, alors que d'autres isotopes ont une période très longue (24 000 ans pour le plutonium 239).

Au total, en séparant le plutonium et en le brûlant entièrement dans des réacteurs adaptés, on pourrait diminuer d'un ordre de grandeur les dégagements de chaleur dans les déchets et la radiotoxicité à long terme. L'utilisation des combustibles MOX dans les réacteurs à eau actuels réduit faiblement la radiotoxicité des déchets par rapport à la situation où on ne les utilise pas, et augmente sensiblement la chaleur dégagée dans les combustibles usés.

Après le plutonium, le radionucléide dont la transmutation présenterait de loin le plus d'intérêt est l'américium 241. En effet, du fait de sa période de 432 ans, il contribue de façon notable au dégagement de chaleur et il ne disparaît pratiquement qu'au bout de 4 000 ans pour donner du neptunium, radionucléide à vie très longue et très faiblement radioactif.

La transmutation des autres transuraniens présenterait un intérêt bien moindre : le curium parce que ses isotopes ont des périodes suffisamment

---

<sup>17</sup> La transmutation dont il est question ici est la transformation d'un radionucléide à vie longue en radionucléide à vie plus courte ou stable.

<sup>18</sup> En outre, la désintégration du plutonium 241 donne de l'américium 241 (période 432 ans), lui aussi source de chaleur et de radiotoxicité.

courtes pour qu'il soit possible d'attendre leur décroissance en entreposant l'élément; et le neptunium parce qu'il a une période suffisamment longue pour être très faiblement radioactif<sup>19</sup>. Il en est de même des quelques produits de fission émetteurs bêta à vie longue (technétium, césium, iode...).

## **7. Peut-on transmuter tout ou partie des radionucléides à vie longue?**

La séparation de l'américium et du curium ainsi que celle du technétium, et du césium à partir des combustibles usés est acquise en laboratoire et pourrait devenir industrielle, comme celles de l'uranium et du plutonium, dans quelques décennies. On a indiqué précédemment que c'est la séparation de l'américium des déchets qui présente le plus d'intérêt pour faciliter leur stockage (Q6). Une voie alternative consisterait à extraire et à recycler ensemble, sans les séparer, le plutonium et l'américium.

La transmutation des radionucléides à vie longue n'est certainement pas pour demain, mais pourrait être développée « *après demain* », c'est-à-dire dans la deuxième moitié du siècle ; elle nécessiterait en effet de multiples développements à la fois pour les cycles de combustibles et pour les réacteurs. Elle fait cependant d'ores et déjà l'objet d'essais dans le réacteur à neutrons rapides PHENIX et d'autres réacteurs expérimentaux et des laboratoires équipés pour manipuler la matière hautement radioactive. La poursuite des études est justifiée dans une perspective de maintien et, *a fortiori*, d'un fort développement du nucléaire, afin notamment de réduire les contraintes thermiques sur le stockage des déchets et la radiotoxicité à long terme des futurs déchets. Elle ne pourrait être réalisée à l'échelle industrielle que dans des réacteurs conçus à cette fin (réacteurs à neutrons rapides, réacteurs à neutrons thermiques utilisant le thorium), et impliquerait probablement la poursuite de l'industrie nucléaire sur un à deux siècles.

## **8. Le stockage géologique des déchets ultimes est-il incontournable?**

Les déchets radioactifs ultimes B et C ayant une vie très longue, bien supérieure à celle des sociétés humaines et supérieure aux périodes interglaciaires, il paraît incontournable de les mettre à l'abri à la fois des hommes et des forts changements climatiques. Seul le stockage géologique, dans des sites convenablement choisis et qualifiés, semble répondre à ces deux exigences.

---

<sup>19</sup> En outre, le neptunium est peu soluble et peu mobile dans les conditions de stockage.

La question de la réversibilité des stockages géologiques fait l'objet de débats et n'est pas tranchée à ce jour. En France on étudie le stockage réversible.

Hors industrie nucléaire, on pourrait dire la même chose de déchets industriels ultimes non radioactifs mais chimiquement toxiques, qui présentent eux aussi des risques à très long terme.

## **9. Peut-on entreposer la matière radioactive sur de longues durées ?**

Par opposition au stockage, qui se veut en général définitif (même si on envisage qu'il puisse être *réversible* pendant une certaine durée), **un entreposage est, par définition, provisoire**. Il peut cependant être maintenu pendant une longue durée, à condition d'être en mesure de surveiller et contrôler les installations d'entreposage ce qui suppose la permanence de la cohésion sociale et de l'organisation de la société.

Des assemblages de combustibles nucléaires usés sont ainsi entreposés depuis près de 50 ans, soit sous eau tels quels, soit à sec dans des conteneurs, sans aucun problème. Le cas échéant, il serait d'ailleurs possible de les reprendre si leur conditionnement montrait des signes de dégradation. C'est en partie cette bonne expérience qui suggère de maintenir pendant un certain temps la réversibilité d'un stockage de déchets, de façon à pouvoir surveiller les colis de déchets. Un ordre de grandeur raisonnable pourrait être le demi siècle, voire le siècle.

## **10. Comment l'information sur la gestion des déchets radioactifs se fait-elle ?**

Le débat public sur les déchets nucléaires a pris de l'ampleur dans de nombreux pays depuis une quinzaine d'années. En Suède et en Finlande, en particulier, les débats ont permis de sélectionner plusieurs sites possibles, qui doivent encore faire l'objet d'études de confirmation. Aux États-Unis, le Sénat a décidé à une large majorité de poursuivre les travaux en vue d'un site de stockage dans le Nevada.

En France, la loi de 1991, dite loi Bataille du nom de son rapporteur devant le Parlement, organise la recherche sur la gestion des combustibles usés et des déchets de retraitement et définit les règles de transparence à respecter. La loi a également mis en place une commission de suivi de ces recherches, la Commission Nationale d'Évaluation (CNE) qui publie annuellement un rapport détaillé d'avancement des travaux. **La loi a enfin fixé un rendez-vous en 2006**, le Parlement devant alors se

prononcer sur les grandes orientations de la gestion des déchets nucléaires.

L'ANDRA, par ailleurs, est soumise aux contrôles de la DGSNR qui exige une transparence de l'information inégalée dans les autres industries.

La DGSNR elle-même a un site d'information<sup>20</sup> touchant à tous les aspects sauf ceux relevant du ministère de la défense.

Des progrès notables ont donc été enregistrés depuis le début des années 90. Cette meilleure transparence de l'information n'exclut pas les difficultés de dialogue social sur des sujets relativement complexes et fortement passionnels.

### **Pour en savoir plus**

[1] ANDRA – Faut-il avoir peur des déchets radioactifs? ([www.andra.fr](http://www.andra.fr))

[2] A. Le Dars – Pour une gestion durable des déchets nucléaires (*Presses Universitaires de France – janvier 2004*).

[3] R. Dautray – L'énergie nucléaire civile dans le cadre temporel des changements climatiques – *Rapport à l'Académie des sciences (décembre 2001)*.

[4] Les enquêtes de Marie-Odile Monchicourt : *Que faire des déchets nucléaires ? – Platypus Press (2001)*.

[5] R. Carle et L. Patarin – Les déchets nucléaires : Un problème résolu ? – *Revue Générale Nucléaire (janvier – février 2003)*.

[6] R. Guillaumont – Déchets radioactifs : gestion et perspectives de gestion – *Les Techniques de l'Ingénieur (BN3660, 3661, 3662)*.

---

<sup>20</sup> Site de l'Autorité de sûreté nucléaire française. Informations sur la sûreté du nucléaire en France abordant les thèmes suivants : la radioactivité, le démantèlement, le transport, les accidents, les crises... [www.asn.gouv.fr](http://www.asn.gouv.fr)

## Résumé

La production d'électricité en utilisant l'énergie de fission des noyaux de l'uranium et du plutonium produit des déchets nucléaires dont une faible partie est difficile à gérer. Elle contient en effet des radionucléides à vie longue dont les effets radiologiques doivent être considérés sur des temps incommensurables avec ceux habituellement pris en compte dans les activités humaines. Aussi toute solution technique doit elle être socialement acceptée. "10 Questions à " cherche à éclairer les débats, en précisant quelques points sur les déchets nucléaires.

Robert Guillaumont, Professeur honoraire de chimie de l'Université Paris XI-Orsay, a dirigé le laboratoire de Radiochimie de l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (1985-1995). Il a été Président du Groupe Permanent chargé des déchets radioactifs, Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, ministère de l'Industrie (1985-2003). Il est membre de la Commission Nationale d'Evaluation sur les recherches sur les déchets radioactifs (CNE, loi du 30 décembre 1991).

Robert Guillaumont est Membre de l'Académie des sciences et Membre fondateur de l'Académie des technologies.