

Début de l'article de Ghislain de MARSILY en fin de page



**Ghislain de MARSILY  
(P60)**

*Professeur émérite à  
l'Université Paris VI et  
à l'École des Mines de  
Paris  
Membre de la  
Commission Nationale  
d'Évaluation de 1994 à  
2006*

## **Gestion des déchets nucléaires : stockage ou entreposage ?**

### **Un peu d'histoire**

C'est dans les années 1950 que l'Académie des Sciences des États-Unis entreprend une étude sur les déchets nucléaires et conclut, sur des bases uniquement techniques, que leur devenir est le stockage en formation géologique profonde, par exemple dans le sel ; d'autres idées sont citées : envoi dans l'espace (fusées, canon, etc.) ; glaciers de l'Antarctique ;

zones de subduction (plaque tectonique plongeante) ; enfouissement dans les grands fonds océaniques ; entreposage dans des déserts ; transmutation, etc. En France, un forage de reconnaissance est fait par le CEA dans les années 60 sous l'usine de La Hague, mais le site est constitué d'écaillés de roches cristallines chevauchantes, et n'apparaît pas favorable ; des contacts sont également pris avec les MDPA pour étudier une éventuelle voie de stockage dans le sel.

En 1973, à la mise en service des REP et après la décision de retraiter les combustibles usés, un groupe de travail "Bertrand Giraud-Candel" étudie, pour le compte du Ministère de l'Environnement, les options d'entreposage en surface (pyramides, etc.) et de stockage géologique, qui est préféré. Parallèlement, le premier PCRD européen lancé en 1975 comporte un volet d'études sur le stockage profond des déchets radioactifs et décide de la répartition suivante des études sur les formations géologiques potentielles : France, Angleterre : granite ; Belgique, Italie : argile ; Allemagne, Danemark, Hollande : sel. La France dès lors se concentre sur le granite et élabore une liste de 74 sites potentiels (tenus secrets) dont 11 sont retenus comme cibles éventuelles. Les recherches se concentrent sur deux massifs en Bretagne, sur le forage profond d'Auriat dans le Massif Central, et sur des expériences en laboratoire souterrain dans la mine d'uranium de Fanay-Augères, près de Limoges.

Le gouvernement Mauroy met ensuite en place la commission "Castaing" (1981-1984) sur le cycle du nucléaire, qui élaborera trois rapports, l'un sur le retraitement, qui propose la poursuite de cette option, l'autre sur les déchets de haute activité, qui propose en particulier d'élargir la recherche à d'autres roches que le granite et de comparer les mérites de plusieurs sites par des laboratoires souterrains avant d'en choisir un comme éventuel site de stockage, et le troisième sur le stockage en surface des déchets de faible activité.

L'Andra, agence nouvellement créée au sein du CEA, débute en 1982 un inventaire des sites potentiels en incluant les contextes argileux et salifères. À partir de 1984, quatre zones sont sélectionnées : sel de Bresse ; argiles du Toarcien et du Callovo-Oxfordien près de Laon ; ardoises près d'Angers, en Vendée ; granite en Bretagne. Des travaux de géophysique, d'hydrogéologie et de géologie structurale sont conduits sur certains de ces sites, et un forage profond est réalisé dans les argiles près de Laon. Mais ces travaux sont interrompus par le gouvernement Rocard (moratoire du 9 février 1990) suite à de très fortes oppositions locales, principalement en Vendée, conduisant à des affrontements violents avec les forces de l'ordre. Une excellente analyse historique de l'évolution des concepts et des études réalisées jusqu'au milieu des années 1980 a été réalisée par J.C. Petit (1993).

Une mission est alors confiée à M. Christian Bataille, député du Nord, afin d'éclairer les pouvoirs publics sur les recherches à mener sur les déchets nucléaires. La Loi du 30 décembre 1991 qui porte son nom décide de lancer des recherches selon trois axes, le stockage profond (sur plusieurs sites), l'entreposage, et la séparation-transmutation. Il n'était pas facile, dans l'interprétation de la loi, de savoir si les deux autres options étaient complémentaires ou alternatives au stockage géologique, les avis sur ce point ont divergés dans l'opinion. Trois sites ont été étudiés, les argilites du Callovo-Oxfordien près de Bure en Meuse/Haute Marne, un granite sous recouvrement sédimentaire dans la Vienne, et un silt argileux dans la plaine du Rhône dans le Gard (voir le n° 148 de mars 2006 de "Géologues", "Spécial déchets radioactifs"). Le choix de ces sites potentiels a été confié à M. Bataille, en concertation avec les collectivités territoriales concernées, qui ont donné leur accord pour les trois sites retenus.

L'Andra était créée comme une agence indépendante pour mener ces recherches. En simplifiant à l'extrême, seul a été pleinement caractérisé le site de Bure, les autres ayant été abandonnés pour des raisons techniques (Vienne) ou politiques (Gard) ; l'entreposage sur une durée séculaire a été jugé faisable, mais aucun site ni concept précis n'ont été proposés ; la faisabilité de la séparation de certains radionucléides par voie aqueuse a été montrée, mais très peu d'éléments sur la faisabilité de la transmutation ont été acquis.

### La nouvelle loi du 28 juin 2006 sur la gestion des déchets nucléaires

Cette nouvelle loi propose de poursuivre un programme de recherche selon trois axes :

- séparation et transmutation de certains radionucléides à vie longue ;
- stockage réversible en couche géologique profonde ; le choix du site, la conception du centre de stockage doivent être faits d'ici 2015 et, sous réserve d'une autorisation, le centre mis en exploitation en 2025 ;
- entreposage, en vue, au plus tard en 2015, de créer de nouvelles installations ou de modifier des installations existantes, pour répondre aux besoins. Après entreposage, les déchets radioactifs ultimes ne pouvant pour des raisons de sûreté nucléaire ou de radioprotection être stockés en surface ou en faible profondeur font l'objet d'un stockage en couche géologique profonde.

La décision de principe est donc prise de stocker les déchets nucléaires "ultimes", c'est-à-dire non valorisables ou transmutables, en formation géologique profonde. En ce qui concerne le ou les sites, la loi n'en dit mot, mais il est clair que le Parlement a considéré que le site de Bure dans l'argilite du Callovo-Oxfordien en Meuse/Haute Marne présentait des caractéristiques très favorables, et qu'il donnait 9 ans à l'Andra pour confirmer ces caractéristiques et choisir dans la zone avoisinante de Meuse/Haute Marne un secteur de taille suffisante (environ 20 km<sup>2</sup>) pour y proposer la construction d'un site de stockage. Le choix d'un second site potentiel n'est plus à l'ordre du jour.

### Quelles sont les chances de succès des dispositions de la nouvelle loi ?

Sur le plan géologique, il apparaît raisonnable de penser que le site proposé comporte de nombreux éléments favorables. C'est en tout cas ce qu'a conclu en janvier 2006 la CNE<sup>1</sup>. Les propriétés observées dans le laboratoire souterrain semblent favorables, et les calculs préliminaires de sûreté réalisés par l'Andra indiquent des effets très inférieurs aux normes en vigueur pour les "groupes critiques<sup>2</sup>" vivant au voisinage du site. Certes il y a de nombreux verrous à lever, sur le comportement mécanique de la roche, le scellement des zones endommagées par le creusement, le rebouchage des galeries et des puits, la vitesse de diffusion des éléments dans l'argile, leur vitesse de migration dans les aquifères, la production et le devenir des gaz de corrosion, et quelques autres. Mais il paraît vraisemblable que ces questions puissent recevoir une réponse satisfaisante du point de vue de la sûreté, le site

semble avoir de remarquables qualités de confinement. Va-t-il en être de même du point de vue de l'acceptabilité sociale ?

### Le Débat Public

Avant que la nouvelle loi de 2006 ne vienne au Parlement, le gouvernement avait demandé à la Commission Nationale du Débat Public de conduire un débat public particulier sur cette question (voir par ex. G. Mercadal, "Géologues", n° 148, 2006). Ces débats ont amené, à mon sens, les trois éléments suivants. Le premier est la question "pourquoi vous pressez-vous ?". Les déchets actuellement produits sont, de l'avis de tous, bien gérés, ils sont entreposés dans des conditions sûres, et peuvent y rester longtemps, un siècle au moins. Pour les déchets de haute activité, thermogène, il est même recommandé de les laisser refroidir en surface, pendant plusieurs décennies, ou, pour certains d'entre eux, plusieurs siècles, pour réduire la charge thermique introduite dans le stockage, et diminuer son emprise au sol. Pourquoi alors se presser et vouloir décider aujourd'hui ? La réponse est sans nul doute de "fermer" définitivement le cycle du combustible, et de montrer dès aujourd'hui que le problème des déchets nucléaires possède une solution, et n'est plus le "tendon d'Achille" de cette filière.

Le second est que le stockage en profondeur est perçu comme un abandon, une absence de surveillance, et le legs d'un cadeau empoisonné aux générations futures. Le public ne fait apparemment pas confiance aux scientifiques pour prédire le comportement d'un stockage sur une période aussi longue, de l'ordre du million d'années. Ceci est confirmé par une étude sociologique effectuée par M. d'Iribarne (voir par ex. "Géologues", n° 148, 2006). Si vous prétendez être capable de le faire, vous nous trompez ou vous vous trompez vous-mêmes, dit en substance le public. Suivent des exemples multiples où la prédiction scientifique a été mise en défaut, dont l'arrêt du nuage de Chernobyl. Cet argument fort demanderait une réponse scientifique adéquate, qui fait encore défaut (quels sont les fondements scientifiques qui permettent de dire que la prévision sur de si longues durées est fondée, de manière convaincante ?).

Le troisième est que l'existence d'un choix est une exigence de la démocratie. S'il n'existe qu'une solution, il n'y a plus de débat possible, c'est la technique qui dicte sa loi aux hommes, chose classique il y a 40 ans mais très mal perçue aujourd'hui.

La loi de 2006 n'a pas fait grand cas des conclusions du débat public : décider dans neuf ans, construire et mettre en service dix ans plus tard, ignorer la méfiance du public envers le stockage, ne proposer qu'un seul choix et qu'un seul site, etc.

### Scénarios pour le futur, alternative

Les parlementaires ont beaucoup discuté des mesures d'accompagnement économique qui doivent aider la région, et ont refusé l'idée d'un référendum local, considérant qu'un problème national relève des structures démocratiques nationales, pas locales. Avec ces deux arguments, et un avancement satisfaisant des travaux sur le site donnant de bons résultats, chose à laquelle l'Andra s'attaque avec ardeur, et qui se déroule actuellement

très bien, leur "scénario" est que le projet sera finalement accepté et qu'un stockage pourra être mis en œuvre dans 20 ans. La faiblesse, à mon sens, de cette approche est qu'elle ne possède pas d'alternative, et que si une opposition locale, nationale ou même internationale forte se développe (par exemple à la suite d'un accident), on se trouvera à nouveau en situation de blocage, comme en 1990. Si c'est le cas, le site de Bure risque d'être abandonné, quelle que soit sa qualité. Ce risque, il n'aurait pas fallu le prendre.

Il faut toujours conserver une alternative, si la voie principale n'aboutit pas. Il faut poursuivre les travaux à Bure, et qualifier ce site, mais le résultat de cette qualification, ce sera un site "de référence", c'est-à-dire une solution potentielle, à laquelle on pourra se référer, pour la comparer à une alternative. Ce n'est qu'en présence d'une alternative qu'on pourra véritablement évaluer la pertinence du projet de stockage à Bure, et choisir (en expliquant pourquoi) la meilleure des voies.

L'alternative, cela pourrait être un deuxième site, comme le demandait la Commission Castaing, et également la loi Bataille de 1991. Mais trouver un autre site risque d'être long, difficile, et très cher pour la nation, alors que l'opposition au stockage est, on l'a vu lors des débats, plus au principe du stockage, qu'au choix du site de stockage précis. La vraie alternative, c'est l'entreposage de longue durée. On dit toujours que c'est une solution provisoire, et pas définitive. Cette affirmation me paraît non fondée. Si l'on sait entreposer de façon sûre et surveiller des déchets pendant 300 ans, il n'y a aucun argument technique qui interdise de reconstruire au bout de 300 ans un nouvel entrepôt, pour une nouvelle période de 300 ans. Et de 300 ans en 300 ans, on peut aller ainsi jusqu'à + l'infini. C'est techniquement faisable. Est-ce qu'on a envie de le faire, c'est une autre question. Économiquement, reconstruire périodiquement un entrepôt est bien moins cher que de construire un stockage, ne serait-ce qu'avec un taux même faible d'actualisation, une dépense à faire dans 300 ans ne coûte pratiquement rien aujourd'hui. Une étude du Ministère de l'industrie a bien montré que l'intérêt économique seul conduit à entreposer le plus longtemps possible, pas à stocker. La vraie question est éthique et sociétale. Croit-on que la société future, sur des siècles et des millénaires, ait la compétence et prenne le soin de surveiller, maintenir et reconstruire les entrepôts ? A-t-on envie de laisser à nos descendants la sujétion que représente cette maintenance ? Posée en ces termes, il me semble que la question du devenir des déchets nucléaires devient plus claire.

→ **branche de l'alternative** : stocker en profondeur. Avantages : pas de sujétion de maintenance et de surveillance pour les générations futures, pas d'hypothèse sur la stabilité et compétence de la société. La "géologie" se charge d'assurer la sûreté. Inconvénients : est-on raisonnablement sûr (et peut-on convaincre) que le risque géologique résiduel est suffisamment petit pour pouvoir choisir cette option ? Peut-on faire confiance aux scientifiques pour prédire le comportement de la géosphère et des déchets sur des millions d'années, sur le site choisi jugé favorable ? Enfin, on impose aux générations futures une sujétion sociétale, qui est une décision que nous avons prise, de les faire vivre avec un stockage fermé sous leurs pieds. Ils ne pour-

ront s'en dégager qu'à un coût très élevé, en faisant jouer la réversibilité, pour donner un nouveau devenir à ces déchets, devenir que notre société actuelle aura été incapable d'imaginer.

**branche de l'alternative** : entreposer et surveiller. Avantage : pas de "pari" sur la géologie et la capacité à prédire le comportement d'un stockage sur des millions d'années. Solution "ouverte", les générations futures peuvent à tout moment sans grands coûts reprendre les déchets et en faire ce qu'elles souhaitent. Inconvénients : on leur laisse une sujétion lourde et coûteuse de surveiller, maintenir et reconstruire les entrepôts. Et surtout, on fait le "pari" que les sociétés qui nous succéderont auront la stabilité et la compétence de faire ce travail que nous leur léguons.

Choisir entre les deux branches de cette alternative est un problème de société, qu'est-ce qui apparaît préférable, un risque "géologique" ou un risque "sociétal" ? Le problème me semble alors mieux posé, et un débat fondé va pouvoir prendre place. Le débat public avait également conclu en ces termes, et recommandé que deux options soient étudiées à égalité, le stockage et l'entreposage. Pourtant, il me semble qu'il existe une troisième voie, qui aurait l'avantage de combiner les avantages des deux voies qui sont opposées ici. C'est l'option ci-dessous, brièvement évoquée par l'Andra (dossier 2005 Argile), et que j'ai aussi développée dans le rapport n° 12 de la CNE.

### Entreposage transformable en stockage

Au lieu de construire un entrepôt en surface ou à faible profondeur, on déciderait de le construire en profondeur, comme un stockage, sur un site jugé très favorable. On ferait fonctionner cet entrepôt avec surveillance et maintenance, comme s'il était

en surface. Puis, à l'issue de la phase d'entreposage, après 100 à 300 ans, on examinerait si le dépôt pourrait éventuellement être transformé en stockage, en le reconditionnant. Cette décision serait prise au vu du fonctionnement dudit entrepôt et de la formation hôte qui le contient sur une période d'ordre séculaire, ce qui apporterait une bien plus grande garantie sur la fiabilité des prévisions de comportement que celles établies après 10 ans d'observation dans un laboratoire souterrain. Si l'option de transformation en stockage n'apparaît pas pertinente, on peut décider d'extraire les déchets, ou au contraire de poursuivre l'entreposage surveillé pour une nouvelle période, et ainsi de suite. On laisse ainsi la plus grande liberté aux générations futures, qui prendront elles-mêmes la décision qui leur apparaîtra la meilleure, tout en ayant déjà fait l'essentiel du travail d'un stockage.

Cette option réduit, de plus, considérablement les risques résiduels liés à l'entreposage, accident (chute d'avion, etc.), intention malveillante (terrorisme, bombardement volontaire, etc.), ou abandon de l'entrepôt par les générations futures qui n'auraient plus la capacité d'en assurer la gestion (par exemple pour une période transitoire) ou d'en récupérer le contenu. Il vaut mieux que ceci se passe quand les déchets sont en profondeur qu'en surface... Du point de vue technique, cette option a de nombreux points communs avec le stockage réversible voulu par la loi et déjà étudié par l'Andra. Il reste certes de nombreux points de conception et de sûreté à examiner, mais il ne semble pas y avoir d'objection fondamentale majeure à sa mise en œuvre. Du point de vue sociétal, cependant, une objection de taille peut être que cette option ne soit prise comme une façon de "déguiser" un projet de stockage en le qualifiant d'entreposage.

### Conclusion

Dans le cadre de la loi actuelle, il n'est pas interdit d'espérer que cette option puisse être considérée. L'Andra est chargée, par la loi de 2006, d'étudier les deux options, le stockage réversible et l'entreposage (alors que c'était le CEA, dans la loi de 1991, qui était chargé d'étudier l'entreposage). Rien n'interdit qu'en 2015, ou en 2025, lors des décisions sur le stockage, ce concept d'entreposage transformable en stockage ne soit une option proposée aux pouvoirs publics, puisque l'Andra aura eu le loisir de l'étudier, si elle le décide, dans le cadre du concept d'entreposage ou de réversibilité. ■

### Œuvres

- Andra (2006) Dossier 2005 Argile.
- Commission Nationale d'Évaluation (2006) Rapport n° 12.
- "Géologues", Revue de l'Union Française des Géologues, n° 148, "Spécial Déchets Nucléaires" (2006).
- PETIT J.C. (1993) Le stockage des déchets radioactifs : perspective historique et analyse socio-technique. Thèse, École des Mines de Paris, Sociologie de l'innovation, 536 p.

<sup>1</sup> Commission National d'Évaluation, chargée de donner chaque année un avis au Gouvernement et au Parlement sur l'avancement des travaux entrepris dans le cadre de la Loi de 1991, commission qui va être remplacée par une autre dans le cadre de la nouvelle Loi.

<sup>2</sup> Les populations qui vivront dans le futur prêt du site, et qui seront soumises au flux de radionucléides les plus concentrés issus du stockage, une fois franchies toutes les barrières entre les déchets et la biosphère.