

DEBAT PUBLIC SUR LES DECHETS RADIOACTIFS

CNDP
Commission Particulière

CONTRIBUTION AU DEBAT PUBLIC

Ministères

OPECST

Industriels

Acteurs
de la recherche

CNE

Analyse
contradictoire

Résumé et Conclusions

du rapport n°11 (2005)

Commission Nationale d'Évaluation

Commission Nationale d'Évaluation

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DU RAPPORT N°11 (2005)

L'an dernier, en préambule à son rapport annuel, la CNE avait fait une synthèse provisoire des résultats des recherches conduites dans le cadre de la loi de 1991 par le CEA, pilote des recherches des axes 1 et 3, et par l'Andra, pilote de l'axe 2. Cette synthèse mettait en perspective les recherches conduites depuis 1992 sur la gestion des déchets nucléaires de haute activité et à vie longue (MAVL et HAVL).

La CNE y avait évalué, axe par axe, les résultats obtenus à cette époque au regard de l'échéance de 2006. Cette synthèse faisait aussi état de la nécessité de poursuivre certaines recherches, au-delà de 2006, afin d'achever des expériences en cours et d'en prolonger d'autres vers des réalisations concrètes. Elle évoquait enfin les domaines de recherche non couverts jusque là, en relation avec la gestion des déchets, relevant de la loi (radioprotection, sociologie, économie).

Le CEA a diffusé en décembre 2004 deux rapports de synthèse exposant l'ensemble des résultats obtenus à cette date sur la séparation, la transmutation, le conditionnement et l'entreposage. Ces rapports présentent toutes les recherches conduites par le CEA en collaboration avec une large communauté scientifique nationale, voire internationale. La CNE a évalué en détail ces recherches depuis 1994 dans ses dix rapports annuels. Dans le présent rapport elle peut donc donner une évaluation globale de l'ensemble des résultats obtenus à ce jour sur les axes 1 et 3. L'Andra n'a pas encore communiqué à la CNE un rapport de synthèse des recherches qu'elle a pilotées, également dans le cadre de larges programmes nationaux ou internationaux, mais elle lui a fourni de nombreux documents préparatoires. La CNE est par ailleurs restée très attentive à l'avancée continue des connaissances acquises à Bure et à la préparation des expériences à venir. Dans le présent rapport, elle évalue à la fois les récents résultats obtenus à Bure et la somme des résultats acquis relatifs à l'axe 2.

La synthèse provisoire établie l'an dernier contient l'essentiel de l'évaluation de la CNE. Elle est reprise ici et complétée en tenant compte des nouveaux éléments portés à la connaissance de la CNE par les pilotes des recherches de la loi.

AXE 1 : SÉPARATION - TRANSMUTATION

Axe 1 - Séparation

Dans sa synthèse de 2004, la CNE avait ainsi résumé son évaluation sur la séparation poussée : *globalement, les recherches françaises sur la séparation ont été innovantes et ont conduit à des résultats suffisants pour envisager une mise en application industrielle. Elles se situent au meilleur niveau international.*

Cependant, la CNE faisait remarquer que la démonstration de la faisabilité technique de la séparation poussée était en retard sur le planning initialement annoncé par le CEA.

Cette démonstration est une étape importante, qui, après celle de la faisabilité scientifique franchie avec succès en 2001, ouvre la voie à des démonstrations sur pilote industriel. Elle nécessite la mise en œuvre de nouvelles installations de génie chimique en milieu actif à Atalante, dont il convient, en premier, que le fonctionnement soit assuré.

Les tests de fonctionnement de ces installations ont été achevés début 2005 et les expériences proprement dites sont en cours. Le CEA est confiant dans l'aboutissement des expériences programmées mais il n'attend pas de résultats complets sur les procédés de séparation poussée mis à l'épreuve de la faisabilité technique avant la mi 2006.

Fin 2005, le dossier de la faisabilité technique de la séparation poussée ne pourra donc faire état que de résultats partiels. La CNE constate que la preuve de la faisabilité technique risque de ne pas être totalement établie à cette date.

Un long chemin reste donc à parcourir pour développer, jusqu'au stade industriel, la séparation poussée, parallèlement au développement des systèmes de transmutation et en considération de leurs exigences et leur disponibilité. De nouvelles orientations pour la transmutation incitent à examiner des inflexions dans la façon d'aborder la séparation des actinides du combustible usé.

Quoi qu'il en soit, les expériences de séparation poussée devraient être poursuivies, après 2006, pour prendre progressivement plus d'ampleur vers une démonstration de faisabilité de type industriel. Cependant, une mise en oeuvre anticipée de la séparation poussée par rapport à l'échéance de la mise en oeuvre de la transmutation poserait le problème de l'entreposage des éléments séparés sur quelques décennies. Les premières études du CEA sur un tel entreposage font apparaître des difficultés.

En conclusion, la CNE confirme son évaluation précédente sur les recherches conduites en séparation poussée qui ouvrent des perspectives concrètes.

Axe 1 - Transmutation

En ce qui concerne la transmutation l'évaluation de la CNE dans sa synthèse de 2004 avait été résumée de la façon suivante : *il n'y aura pas, en 2006, d'arguments décisifs pour prendre une décision de nature scientifique, technique ou industrielle sur la transmutation. Quoi qu'il en soit, toute stratégie à cet égard engagera la France, en étroite coopération internationale, dans un long processus de R & D de plusieurs décennies, avec l'incertitude inhérente aux grands projets nucléaires actuels.*

Les informations recueillies depuis l'an dernier confirment cette évaluation.

Les conclusions sur les possibilités de transmutation en réacteur critique demeurent inchangées.

Le multi-recyclage du plutonium et des actinides mineurs dans les réacteurs REP est une opération techniquement très difficile et aux performances médiocres. La faisabilité scientifique de la transmutation en spectre de neutrons rapides des actinides mineurs (sauf du curium) a été établie expérimentalement sur des aiguilles placées dans des assemblages du coeur du réacteur Phénix, pour le domaine reconnu par l'expérience. Pour être efficace, la transmutation doit se poursuivre sur des durées nettement supérieures à celles d'un cycle d'irradiation en réacteur et suppose donc plusieurs recyclages des radionucléides à transmuter.

La démonstration de la faisabilité technique nécessitera de multiples et longs essais sur aiguilles, puis à l'échelle de l'assemblage. Le CEA fonde de grands espoirs sur le RNR-gaz, retenu dans le programme international Generation IV et choisi par le CEA, mais ce réacteur n'est qu'à l'état de concept. La CNE ne dispose d'aucun élément d'appréciation quant à sa faisabilité et à ses performances de transmutation.

Les systèmes sous-critiques pilotés par accélérateur (ADS) sont potentiellement intéressants en ce qu'ils permettraient la destruction des actinides mineurs en évitant de compliquer le cycle du combustible des réacteurs électrogènes. Des études théoriques et expérimentales sont menées depuis plus de dix ans (Europe, USA, Japon). Le rapport de synthèse du projet PDS-XADS visant à la construction d'un démonstrateur expérimental « XADS » vient d'être établi. Les « verrous technologiques » concernent les techniques du réacteur, du combustible et des installations du cycle. L'avènement de ces équipements pourrait, selon le CEA, se situer à l'horizon 2045.

L'étude des combustibles et cibles pour la transmutation, thème commun à tous les systèmes de transmutation, est un des points forts des recherches menées par le CEA depuis longtemps mais la faisabilité technique n'est acquise que pour les combustibles à base d'oxydes peu chargés en actinides mineurs (pour REP, RNR-Na).

Les expériences pour tester des concentrations plus élevées ou de nouveaux composés sont en cours ou programmées.

Les sérieuses difficultés inhérentes à la transmutation des actinides mineurs, qui se posent au sujet de la fabrication, de l'irradiation et du retraitement des cibles ou combustibles supports de la transmutation, suscitent, à juste titre, un regain d'intérêt pour le cycle du thorium qui réduit fortement la production des actinides supérieurs. Mais la reprise des recherches sur le cycle au thorium, interrompues il y a 30 ans, n'en est qu'à ses débuts ; ces recherches mériteraient un effort plus important que celui qui lui est actuellement accordé.

En l'état actuel des connaissances, seule, parmi les produits de fission à vie longue, la fraction soluble du technétium pourrait être transmutée.

Enfin la transmutation n'est guère envisageable pour les actinides déjà vitrifiés. La reprise des colis de verre n'est pas techniquement impossible mais elle conduirait à des opérations complexes et lourdes. Le statut des colis de verre est quasi scellé comme colis de déchets ultimes.

Ces colis relèvent alors, avec les colis de déchets MAVL, sur lesquels il n'y a pas d'ambiguïté de statut, du stockage géologique.

Ainsi pour la transmutation, on ne dispose pas à ce jour d'un système dont la faisabilité technique en situation de transmutation est démontrée. Un long chemin reste à parcourir. La transmutation est un espoir qui repose sur des machines qui n'existent pas à ce jour, qu'elles appartiennent à la (aux) filière(s) des réacteurs de génération IV ou à celle des ADS.

AXE 2 : STOCKAGE EN FORMATION GÉOLOGIQUE PROFONDE

Dans sa synthèse de 2004 la CNE avait résumé son évaluation des recherches de l'axe 2 en trois points : recherches concernant le site de Bure, possibilités ouvertes par ces recherches et lien entre stockage et entreposage.

Pour les recherches concernant le site de Bure, elle a écrit : *en conclusion, le site de Bure est marqué par la présence de caractères favorables et l'absence, en l'état actuel des connaissances, de caractères défavorables rédhibitoires. Une liste de questions scientifiques encore à étudier peut être dressée. Le programme de l'Andra pour le délai restant est pertinent et dense, même si certaines durées d'expérimentation et d'observation sont trop courtes pour aboutir à des résultats d'ici 2006. Sauf éléments nouveaux résultants de ce programme, le Parlement devrait recevoir en 2006, les données suffisantes pour décider ou non de la poursuite de la reconnaissance du site et du secteur en vue de la création éventuelle d'un stockage souterrain.*

Les résultats acquis cette année sont marqués par la fin des programmes de forages de reconnaissance, par le creusement des puits et des premières dizaines de mètres de galeries du Laboratoire souterrain. Le creusement de la niche à 445 m a permis de lancer une série d'observations et d'acquisitions de données sur la caractérisation de la zone endommagée par l'excavation (EDZ) au droit de zones potentielles de scellement d'un puits et sur le comportement différé du massif suite au creusement du puits. Cependant l'analyse de l'endommagement et du comportement mécanique des argilites dans les conditions mêmes du laboratoire et d'un site de stockage devra être approfondie. Les recherches menées dans la niche permettront également de compléter les mesures de perméabilité et de pression et de mettre en place les expériences de diffusion et de prélèvement pour l'analyse des eaux et des gaz. Le programme expérimental prévu dans la galerie creusée à 490 m, dans la couche cible du Callovo-Oxfordien, devrait pouvoir être mené conformément au calendrier prévisionnel de l'Andra, jusqu'à la fin 2006.

L'évaluation de la CNE sur les possibilités ouvertes par les recherches concernant le site de Bure était la suivante : *on peut estimer qu'au terme de la loi, en 2006, il n'existera pas d'obstacle dirimant qui empêcherait le Législateur de décider du principe du stockage des déchets à vie longue dans le secteur étudié.*

La qualification de la roche est dès maintenant en bonne voie d'être acquise et celle du secteur devra être confirmée à l'issue des travaux de 2006. Mais il restera néanmoins des questions techniques de génie minier et de matériaux qui devront recevoir une réponse en temps utile.

Sur ce point la CNE a eu connaissance des résultats des 27 forages qui ont été réalisés. Les résultats de la campagne de forages, verticaux ou dirigés, réalisés dans le secteur de Bure a en particulier apporté une moisson d'informations considérable sur la couche-hôte et sur le site. L'examen de l'ensemble des données a permis d'améliorer le modèle géologique et hydrogéologique du secteur et de récupérer par carottage vertical ou horizontal 4,2 km de roche dont 2,3 km dans le Callovo-Oxfordien. Ces échantillons ont été à l'origine de nombreux travaux de laboratoire faisant intervenir, outre les contractants de l'Andra, la communauté scientifique française et européenne. Les chercheurs impliqués ont mis en oeuvre les techniques les plus modernes, notamment pour les diagraphies, les essais dans les forages et l'analyse géochimique des eaux. Ils ont interprété les données selon les règles de l'art en utilisant les dernières connaissances et méthodes de la science.

La couche d'argilite du Callovo-Oxfordien montre une remarquable continuité latérale et une homogénéité de composition et de structure, qui exclut un changement latéral (comme le passage à un lit de sable ou de silt). Les forages positionnés pour reconnaître en place les anomalies sismiques d'interprétation incertaine ont montré l'absence de failles et l'attribution de ces événements à des épisodes coralliens lors du dépôt des sédiments. Pour le Callovo-Oxfordien, l'ensemble des résultats témoigne du long temps de résidence des eaux porales des argilites, de la faible perméabilité de la roche, d'une remarquable régularité stratigraphique et minéralogique, ainsi que d'une absence de fractures conductrices dans les zones aujourd'hui reconnues. Les mesures de perméabilité effectuées sur les échantillons ont montré des valeurs extrêmement faibles. Enfin les prélèvements d'eau effectués dans les aquifères situés au-dessus et au-dessous de la couche ont montré des âges très différents des eaux, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'absence d'écoulements convectifs significatifs au sein de l'argilite et de traversée de la couche par les eaux.

À l'échelle de la zone de transposition d'environ 200 km² étudiée par l'Andra, les travaux effectués permettent de proposer un modèle géologique sur lequel les propriétés de l'argilite, étudiées de manière approfondie au niveau du site, peuvent être transposées. La continuité et l'homogénéité des couches géologiques sont bonnes, les gradients hydrauliques entre les aquifères ont été confirmés comme faibles et aucune faille majeure n'a été identifiée au cours des reconnaissances sismiques ou par forage.

Si, à ce jour, aucun élément rédhibitoire à l'implantation d'un site de stockage n'a été mis en évidence, de nombreuses recherches restent encore nécessaires pour qualifier le secteur de Bure. Des résultats préliminaires pourront être acquis d'ici 2006 par les expériences lancées dans les galeries, mais ceux-ci devront être confirmés et précisés dans la durée. Les expérimentations *in situ* mises en place en 2005 dans le laboratoire souterrain, l'analyse dans le temps du comportement mécanique et thermique de la roche et de l'EDZ, l'étude du devenir des gaz générés par le stockage et leur impact sur la migration des radionucléides nécessitent plusieurs années d'un suivi continu. Néanmoins en décembre 2005, l'Andra devrait pouvoir présenter des éléments scientifiques suffisants pour que le Législateur puisse porter un jugement fondé quant à la poursuite de travaux de grande ampleur.

Dans toute reconnaissance en milieu souterrain, de mauvaises surprises ne peuvent être totalement exclues. Il sera indispensable de compléter les recherches menées dans le laboratoire souterrain par des études géologiques approfondies couvrant le site envisagé pour un stockage. Un projet de cette ampleur devra donc être mené par étapes, avec une succession de rendez-vous précis permettant de faire le point des acquis, d'évaluer les incertitudes qui demeurent et de définir la stratégie de recherche et d'exploration de la phase suivante si la décision est prise de poursuivre. Chaque étape pourrait avoir une durée de trois à cinq ans, suffisante pour permettre un contrôle optimal des acquis et suffisamment brève pour détecter rapidement les difficultés qui pourraient survenir.

Enfin la CNE avait attiré l'an dernier l'attention sur l'interdépendance entre entreposage et stockage en écrivant : *il reste aussi une question de stratégie de gestion à examiner. L'emprise du stockage est fonction de l'inventaire des déchets à stocker et du délai alloué pour leur refroidissement préalable. Il faut donc définir la*

durée d'entreposage des colis thermiques et notamment ceux contenant du MOX usé, si son stockage était décidé.

La CNE constate que les concepts et l'architecture du stockage proposés par l'Andra sont considérablement clarifiés en comparaison de ceux présentés dans le dossier 2001. Ils tiennent mieux compte des caractéristiques de la couche (épaisseur, résistance mécanique, propriétés de rétention), ils n'envisagent que deux grands types d'alvéoles et proposent un dessin modulaire, en arborescence, qui permet une implantation rationnelle des bouchons et prend en compte la réversibilité. À cet égard la CNE rappelle qu'elle a donné en 1998, à la demande du gouvernement, un avis favorable sur la réversibilité. Les concepts et l'architecture du stockage doivent rester modifiables avec les progrès dans la connaissance du milieu et de l'ingénierie.

En revanche, la CNE constate qu'il ne lui a pas été présenté d'études approfondies de l'optimisation de la durée de l'entreposage des colis thermiques. La simulation est une nécessité pour étudier le comportement d'un stockage à l'échelle des millénaires et en particulier la migration des radionucléides. Les recherches conduites depuis quelques années à l'Andra dans ce domaine ont abouti à un programme de simulation d'un bon niveau dont les résultats seront présentés dans le dossier « Argile 2005 ».

En conclusion la CNE confirme son évaluation favorable précédente sur les recherches conduites à Bure au titre de l'axe 2 de la loi. Les qualités de confinement de l'argilite du Callovo-Oxfordien sont confortées par les dernières observations in situ dans le laboratoire et par les résultats obtenus sur les carottes prélevées dans les couches géologiques du site de Bure. Les résultats des premières expériences et mesures réalisées dans le laboratoire seront disponibles fin 2005, comme le prévoyait le calendrier.

AXE 3 : CONDITIONNEMENT ET ENTREPOSAGE DE LONGUE DURÉE

Axe 3 - Conditionnement des déchets

Dans sa synthèse de 2004, la CNE avait donné une évaluation positive des recherches sur le conditionnement primaire des déchets bruts de retraitement, évaluation qu'elle renouvelle. Il est clair que la fabrication actuelle des colis industriels primaires de déchets MAVL et HAVL et leur entreposage industriel sont maîtrisés. Le CEA et les industriels disposent d'installations performantes pour caractériser tout colis de déchets radioactifs. Les comportements à court et à long terme des colis de déchets et du combustible usé dans diverses situations ont été raisonnablement établis. Les recherches ouvrent de bonnes perspectives pour de nouveaux conditionnements, si cela devenait nécessaire (verres et céramiques à haute température). Il convient cependant de poursuivre des recherches pour consolider certains résultats, notamment sur la tenue de certains verres et sur les possibilités de confinement offertes par les céramiques afin de disposer d'une large panoplie de conditionnements confinant les radionucléides à vie longue sur le long terme.

La CNE considère que les recherches de l'axe 3 aboutissant à la fabrication des colis industriels primaires de déchets ont conduit ce domaine à la maturité. Elles ouvrent également des perspectives concrètes pour adapter les conditionnements à de futurs déchets et aux déchets non encore conditionnés.

Axe 3 - Entreposage de longue durée des colis primaires de déchets

L'évaluation que la CNE avait portée dans sa synthèse de 2004 sur les recherches pour l'entreposage était nuancée. Elle était formulée ainsi : *la possibilité pour un entreposage de durer au-delà du siècle n'a pas été prouvée. La CNE est donc conduite à exprimer une opinion issue de sa réflexion : un entreposage à durée limitée, dans des conditions proches des entreposages industriels récents et perfectionnés, paraît la solution optimale, suivi d'un transfert - si possible sans reconditionnement - dans un site de stockage, dès que ce dernier sera agréé par l'autorité de sûreté. La réversibilité du stockage, si elle est assurée, permettrait encore pendant plusieurs décennies d'apporter des corrections au projet initial de gestion des colis de déchets.*

Les éléments dont la CNE a eu connaissance au sujet de l'entreposage de longue durée (ELD) apportent les compléments suivants.

L'entreposage de longue durée (de l'ordre de 300 ans) des colis primaires de déchets ou d'assemblages de combustible usé mis en étui, ou leur stockage en formation géologique, demandent la réalisation de conteneurs durables. Des conteneurs pour de tels objets à usage mixte ELD/stockage ont été conçus par le CEA qui en a réalisé des démonstrateurs technologiques. La durabilité de ces conteneurs reste à établir. Ceci a débuté pour les conteneurs métalliques et reste à faire pour les conteneurs en béton. La CNE a examiné en janvier 2005 ces démonstrateurs. Elle note qu'il s'agit d'objets dont elle ne connaît pas encore de façon précise les spécifications imposées au constructeur, ni les essais à mener pour en caractériser toutes les propriétés, essais qu'il sera nécessaire de mener dans un proche avenir. La CNE ne peut donc pas évaluer leur aptitude à remplir les fonctions qu'ils doivent assurer dans la longue durée.

L'entreposage des colis primaires de déchets est possible pendant une centaine d'années dans les installations industrielles récemment réalisées auprès des usines de retraitement. Ces installations ne semblent poser aucun problème. Les déchets vitrifiés sont entreposés à sec. Tous les colis de verre issus du retraitement du combustible usé du parc actuel de réacteurs pourraient être entreposés (éventuellement jusqu'à un siècle) moyennant des travaux d'extension et de maintenance des entrepôts industriels existants. De leur côté, les combustibles usés sont entreposés en piscine, dans l'attente de leur retraitement, pour une ou plusieurs décennies.

Des modèles d'installations d'entreposage de longue durée en surface ou en sub-surface ont été proposés et une nouvelle installation expérimentale pour l'étude en vraie grandeur du refroidissement naturel des entrepôts a été réalisée. La durabilité du béton des ouvrages de génie civil des entrepôts, ne peut être garantie (au sens habituel de ce terme en construction) au-delà d'une centaine d'années, que ce soit vis-à-vis d'une température de l'ordre de 80 °C, des cycles thermiques ou des interactions avec le milieu naturel environnant. Toutefois, le CEA, après avoir avancé dans ses études d'altération du béton, pense que cette durée peut être dépassée. L'étude des ouvrages de génie civil n'a pu

être qu'ébauchée. Nul ne pouvant réellement s'avancer sur la durabilité des bétons au-delà du siècle, il en découle que, pour une durée supérieure, une surveillance active et, si nécessaire, une reconstruction des installations doivent être envisagées. Une autre difficulté est de nature différente : l'existence d'un dépôt de matières radioactives nécessitant une surveillance et une maintenance continues exige une continuité de l'édifice social.

L'entreposage en sub-surface est une installation discrète, résistante aux agressions extérieures naturelles ou accidentelles. Mais toute étude approfondie nécessitera de prendre en compte les particularités de sites d'application. Le gros oeuvre d'un entreposage de sub-surface devrait être réalisé par creusement au sein d'une formation géologique dont la stabilité est avérée.

La fonction principale de l'entreposage est d'assurer la compatibilité entre des procédés de gestion des déchets dont les échelles de temps sont très différentes, de la décennie aux siècles. Il peut aussi être considéré comme une possibilité de différer les décisions de gestion, mais il amorce alors un processus de transfert de responsabilité sur les générations à venir.

En conclusion, les recherches conduites dans l'axe 3 de la loi ne sont pas achevées, hormis pour l'entreposage industriel des déchets actuels de retraitement. Les programmes en cours sur les conteneurs d'entreposage et de stockage doivent se poursuivre. Pour aller plus loin que des études génériques sur les entrepôts de longue durée, il conviendrait de sélectionner un site potentiel d'entreposage.

Conclusion générale

La CNE rappelle qu'un résumé de son évaluation des résultats acquis dans les trois axes de recherche, a été présenté à l'Office parlementaire lors des auditions publiques des 20, 27 janvier et 3 février 2005.

La CNE publiera en janvier 2006 son rapport global. Elle évaluera ensuite, conformément à sa mission, les résultats qui pourraient lui être présentés durant l'année 2006. La synthèse de 2004 comportait deux appréciations sur l'ensemble des recherches, que la CNE reprend cette année :

Les dossiers qui seront soumis en 2006 au Parlement par les acteurs de la loi devraient fournir au Législateur les éléments techniques lui permettant de choisir une stratégie globale de gestion des déchets et du combustible usé.

La CNE souligne que des recherches scientifiques et techniques associées aux objectifs choisis par le Parlement seront nécessaires dans la durée et qu'elles devront être menées dans un cadre international, tout particulièrement européen.

La CNE considère que c'est dans l'axe 2 que les progrès les plus significatifs ont été accomplis au cours de la dernière année. Les informations recueillies par l'Andra permettront aux Pouvoirs publics, s'ils le souhaitent, de retenir le principe du stockage géologique profond pour les déchets ultimes.

