



Avant-propos



Philippe Pradel

Laurence Godard/CEA

Face aux enjeux, cruciaux pour l'avenir de notre planète, tenant à la satisfaction des besoins énergétiques mondiaux, l'énergie nucléaire possède de vrais atouts : des ressources sur le long terme (plusieurs milliers d'années en optimisant l'utilisation du combustible), sans émissions de gaz à effet de serre.

Au plan international, des pays en nombre de plus en plus important envisagent le développement de l'énergie nucléaire dans leurs perspectives énergétiques. C'est le cas notamment des pays d'Asie comme la Chine, l'Inde ou le Japon. En Europe, la Finlande a engagé la construction d'un réacteur EPR de troisième génération et la France envisage une telle construction. Les États-Unis prévoient, dans leur plan pour l'énergie, que l'énergie nucléaire restera un élément majeur de leur politique en la matière. La Grande-Bretagne pourrait suivre cet exemple.

Le nucléaire est une énergie mature dont la compétitivité économique est démontrée et qui est, notamment pour notre pays, un facteur important d'indépendance énergétique. Les réacteurs actuellement sur le marché sont des modèles performants, appartenant principalement à la filière des réacteurs à eau. Les déchets produits représentent une quantité faible et sont gérés de manière sûre. D'ores et déjà, en France, 90 % de ces déchets, de faible activité et à vie courte, sont stockés dans les sites de surface de l'Andra de manière à protéger les populations et l'environnement. Les 10 % restants ont une durée de vie longue, allant jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'années. Ils sont entreposés provisoirement en toute sûreté. Ces déchets font l'objet de recherches menées dans le cadre de la loi de décembre 1991. Les études, menées de façon très soutenue depuis 1992, bénéficient d'importantes coopérations nationales (EDF, Areva, Andra, CNRS,

universités...), européennes et internationales. Le rendez-vous de cette année 2006 permettra au Parlement de débattre d'une proposition du gouvernement concernant leur gestion à long terme. Pour élaborer cette proposition, le gouvernement s'appuiera notamment sur les recherches dont les principaux acquis scientifiques et techniques, obtenus en particulier au CEA, sont présentés dans ce numéro.

Pour un développement harmonieux de l'énergie nucléaire, il faut répondre aux préoccupations du public concernant l'impact sanitaire et environnemental des activités nucléaires. À la panoplie des craintes que suscite le nucléaire, qu'il s'agisse des risques – réels ou supposés – pour ceux qui travaillent dans le secteur ou qui habitent à proximité des sites industriels, se sont ajoutées les dénonciations des dangers du transport et du stockage des déchets radioactifs, bien que jusqu'à présent ces activités n'aient pas connu d'accident majeur. Ces craintes appellent des efforts d'information et de vulgarisation scientifique très importants vers des populations et des élus préoccupés. L'acceptation sociétale de choix industriels est un problème qui dépasse le seul nucléaire et concerne notre démocratie. Le CEA a joué son rôle en tant qu'acteur du secteur avec notamment l'ouverture de l'espace d'information Visiatome à Marcoule, et sa forte implication dans les débats publics sur la gestion des déchets radioactifs.

La France s'est engagée depuis longtemps dans le cycle fermé, qui consiste à traiter les combustibles usés pour séparer matières encore valorisables et déchets ultimes. Ce cycle permet actuellement de récupérer, pour les recycler, les matières énergétiques (uranium et plutonium) et de conditionner de façon sûre et durable les déchets sous un faible volume. Ils sont placés, aujourd'hui, dans des entreposages industriels. Au-delà, leur mode de gestion à très long terme doit les isoler durablement de l'homme et de l'environnement de telle sorte que leur retour dans la biosphère n'intervienne qu'en des temps où leur impact sanitaire et environnemental sera non significatif.

Les déchets de haute et moyenne activité à vie longue produits actuellement et ceux à venir dans les deux prochaines décennies auront bénéficié, grâce aux recherches, des technologies industrielles les plus avancées (minimisation du volume, confinements très performants). Les traitements et conditionnements industriels ont été optimisés, conduisant notamment à une forte réduction du volume des déchets solides produits à La Hague. Ces colis sont durables : le développement d'une véritable science du comportement à long terme a permis de mettre au point et de qualifier des modèles permettant de prévoir leur comportement pendant un entreposage de durée séculaire ou à l'échelle millénaire dans les conditions d'un stockage géologique.

Ces colis de déchets industriels ainsi fabriqués sont destinés à être stockés en l'état, après une période d'entreposage (notamment afin de tirer profit de la décroissance thermique, dans le cas des déchets vitrifiés). Les entrepôts industriels récents existants seraient aptes à les conserver pendant cent ans au moins. Les entrepôts nécessitent une maintenance et une surveillance par la société ainsi que la reprise des déchets à la fin de la période d'entreposage. La pérennité de cette solution ne pourrait être effective que sous réserve de renouvellements périodiques des entrepôts assurés par les générations futures. Il ne peut donc s'agir d'un mode de gestion à très long terme.

La possibilité d'entreposer de façon sûre et robuste dans la durée les déchets est acquise. Les extensions des entrepôts quand elles seront nécessaires pourront tenir compte des résultats des études concernant l'entreposage de longue durée sur les aspects robustesse et passivité notamment.

Aujourd'hui la première étape du cycle fermé destiné à séparer les matières valorisables des déchets consiste à traiter les combustibles UOX usés et à recycler dans les réacteurs REP le plutonium extrait, sous forme de combustible MOX.

Cette démarche de progrès continuera à accompagner les prochaines étapes de développement de l'énergie nucléaire pour les déchets existants et les déchets du futur. »

Au-delà de ce monorecyclage industriel du plutonium, son multirecyclage permettrait de réduire la radiotoxicité d'un facteur dix (à 500 ans) par rapport à celle du combustible usé non traité. L'objectif des recherches menées est d'aller plus loin en terme de réduction de l'inventaire radiotoxique, ce qui induirait également une réduction de la thermique des déchets à long terme.

Compte tenu des résultats obtenus, il n'est pas réaliste de récupérer les éléments radioactifs à vie longue des verres déjà produits ou des autres déchets conditionnés. Les déchets du parc actuel continueront à être vitrifiés et la séparation ne pourra s'appliquer qu'aux déchets qui seront produits dans l'avenir, à l'horizon de la mise en place de nouveaux outils industriels de traitement.

Pour ces déchets du futur, la séparation des éléments à vie longue est possible en laboratoire et ce résultat constitue une avancée considérable. Les développements devraient se faire dans une perspective d'industrialisation en lien avec les cycles des futurs systèmes de production d'énergie nucléaire.

Pour la transmutation des actinides mineurs, la viabilité de systèmes dédiés (ADS) techniquement complexes reste à démontrer. Dans des réacteurs à spectre de neutrons rapides avec un caloporteur sodium, la faisabilité de la transmutation de l'américium et du neptunium est établie à l'échelle d'une aiguille de combustible. Des matériaux aptes à être introduits dans ce type de réacteur pour réaliser cette transmutation continueront à être testés dans le réacteur Phénix, puis dans le cadre de démonstrations internationales.

S'agissant du long terme, les scénarios étudiés montrent que la séparation/transmutation des actinides mineurs en sus du plutonium et de l'uranium trouve sa perspective de mise en œuvre, selon une logique de progrès par étapes, dans les systèmes de 4^e génération à neutrons rapides qui sont prévus pour recycler et gérer dans la durée leurs propres actinides. La décision de mise en service d'un prototype à l'horizon 2020 et le déploiement envisageable à l'horizon 2040 des premiers systèmes industriels de 4^e génération concrétisent cet objectif de progrès, les déchets ultimes pouvant alors ne plus contenir que les seuls produits de fission pour lesquels les recherches ont montré que la transmutation n'est pas une option industrielle raisonnable.

Une solution de gestion à long terme de ces déchets ultimes et des déchets ultimes des réacteurs actuels demeure nécessaire.

L'Andra, grâce aux premiers travaux menés notamment dans le laboratoire souterrain de Meuse/Haute Marne, a conclu à la faisabilité de principe du stockage en milieu argileux. Grâce à la barrière géologique, le stockage géologique définitif apparaît aujourd'hui aux yeux des experts comme la solution de référence passive et sûre.

Ainsi, grâce aux efforts conjoints des chercheurs et des industriels, des progrès importants ont été réalisés depuis quinze ans dans la gestion des déchets radioactifs telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui et peut être envisagée dans l'avenir. Cette démarche de progrès continuera à accompagner les prochaines étapes de développement de l'énergie nucléaire pour les déchets existants et les déchets du futur.

> Philippe Pradel
Directeur de l'énergie nucléaire
CEA