

Le nucléaire, une énergie d'avenir



Garcin-Gasser/CEA

Ce sont les exigences d'un développement économique sûr et durable qui, aujourd'hui, fixent les enjeux en matière énergétique. La demande mondiale en énergie augmente constamment : elle devrait doubler d'ici 2050. Continuer à produire l'énergie dans les conditions actuelles pose trois problèmes majeurs : à long terme, le risque d'épuisement en quelques générations des ressources actuellement connues de pétrole et de gaz ; à moyen terme, les incertitudes sur les cours des hydrocarbures qui pèsent sur l'économie et les risques de rupture d'approvisionnement ; enfin, dès à présent, la nécessité de lutter contre le réchauffement climatique lié à la consommation des combustibles fossiles. Il faut donc trouver des solutions pour produire mieux et durablement, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre.

Face à ces enjeux, cruciaux pour l'avenir de notre planète, 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 ou toxiques. À cela s'ajoute une compétitivité économique démontrée, notamment en France dans le rapport Charpin-Dessus-Pellat remis en 2000 au Premier ministre, et qui devrait encore être accrue dans les prochaines années avec un allongement de la durée de vie des réacteurs et de nouvelles améliorations des performances des combustibles. Enfin, le nucléaire est un facteur important d'indépendance énergétique.

Ce n'est donc pas un hasard si les grands pays consommateurs d'énergie électrique ont inscrit le développement de l'énergie nucléaire en position stratégique dans leurs perspectives énergétiques. Les États-Unis prévoient, dans le plan pour l'énergie présenté au printemps 2001 par le Président Bush, que l'énergie nucléaire restera un élément majeur de la politique énergétique américaine, et d'en renforcer la part dans la production d'électricité (qui est aujourd'hui de 20 %, avec 100 réacteurs en exploitation). Le Japon a actuellement cinq réacteurs nucléaires en construction, dix-sept programmés, la Chine huit réacteurs en chantier, potentiellement beaucoup plus, pour ne citer que ces quelques exemples.

Le nucléaire est une énergie mature ; les réacteurs actuellement sur le marché sont des modèles performants, appartenant principalement à la filière des réacteurs à eau. Pour l'avenir, une importante dynamique de coopération internationale est engagée, à l'initiative principalement des États-Unis qui ont lancé en 2000 le Forum international Génération IV. Regroupant dix pays, dont le Japon, le Royaume-Uni, la France et le Canada, ce forum a pour objectif la recherche et le développement des systèmes futurs de production d'énergie nucléaire de quatrième génération, pour le marché à l'horizon 2030. Ces systèmes du futur devront satisfaire à des objectifs fondamentaux : le renforcement de la compétitivité économique, de la sûreté et de la contribution au développement durable, notamment par la minimisation des déchets radioactifs, l'utilisation optimale des ressources naturelles en combustible et la résistance à la prolifération.

Dans ce contexte, pour un développement et une utilisation harmonieux de l'énergie nucléaire, il faut répondre aux préoccupations du public concernant l'impact sanitaire et environnemental des activités nucléaires. Les déchets produits représentent une quantité faible – en France, moins de 1 kg par an et par habitant – et peuvent être gérés de manière sûre. D'ores et déjà, 90 % de ces déchets, de faible activité et à vie courte, sont stockés dans les sites de surface de l'Andra, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, et surveillés de manière à protéger les populations et l'environnement. En moins de 300 ans, leur radioactivité sera revenue

au niveau de la radioactivité naturelle. Les 10 % restants ont une durée de vie longue, allant jusqu'à plusieurs dizaines de milliers d'années. Aujourd'hui, nous les entreposons provisoirement en toute sûreté. Les exigences dans ce domaine sont fortes, et pour le long terme le CEA, avec de nombreux partenaires de recherches, étudie et développe des solutions techniques efficaces et sûres pour gérer les déchets radioactifs : réduire leur quantité et leur nocivité, les conditionner, les entreposer ou les stocker en profondeur. Ces solutions existent, et il faut les amener à un niveau de maturité scientifique et technique, incluant l'aspect économique, permettant d'offrir le choix de modes de gestion le plus complet possible.

Les recherches dans ce domaine s'inscrivent dans le cadre d'une loi, adoptée le 30 décembre 1991, qui précise trois axes de recherche pour la gestion des déchets radioactifs à vie longue, en donnant aux chercheurs quinze ans pour explorer ces voies, qui sont d'une part la minimisation de la quantité et de la toxicité des déchets, par la séparation et la transmutation, d'autre part le conditionnement et l'entreposage de longue durée, et enfin le stockage géologique profond.

Aujourd'hui, après dix années de recherches dans lesquelles les chercheurs du CEA et les autres acteurs et partenaires impliqués se sont énormément investis, un bilan très positif peut être établi. Des résultats significatifs ont été obtenus, notamment dans deux grands domaines :

- la minimisation de la quantité et de la nocivité des déchets : optimisation du procédé actuel de traitement du combustible usé (volume des déchets divisé par trois depuis le démarrage des nouvelles usines de La Hague, activité des effluents et rejets divisée par dix), développement d'une nouvelle chimie pour l'extraction spécifique des actinides mineurs (séparation poussée), établissement de la faisabilité scientifique de la transmutation ;
- les bases du conditionnement et de l'entreposage pour le long terme sont désormais posées : de nouvelles matrices de conditionnement ont été développées, la science du comportement à long terme est bien comprise, des premiers concepts de conteneurs et d'entreposage ont été évalués.

Des progrès restent encore à accomplir, bien sûr, et certaines recherches sont plus avancées que d'autres, mais les voies les plus prometteuses apparaissent maintenant clairement. Ainsi des solutions pour la gestion des déchets radioactifs existent, qui pourraient être mises en œuvre progressivement :

- avant tout le traitement des combustibles usés et le recyclage du plutonium, pour le consommer tout en l'éliminant, le plutonium étant à la fois une matière hautement énergétique et le principal contributeur à la radiotoxicité à long terme ;
- une étape supplémentaire pourrait être de compléter les opérations de traitement par la séparation poussée des actinides mineurs, qui conduirait finalement à des déchets vitrifiés dont la radiotoxicité potentielle deviendrait, au bout de quelques centaines d'années, comparable à celle de l'uranium minier initial ;
- les actinides mineurs pourraient ensuite être transmutés dans les réacteurs de nouvelle génération, qui ont inscrit dans leurs objectifs la transmutation et la minimisation des déchets, ou dans des systèmes dédiés, critiques ou sous-critiques (systèmes hybrides) ;
- le stockage géologique, qui permet d'isoler les radionucléides de l'environnement, pourrait bénéficier ainsi de cette réduction considérable de la quantité et de la toxicité des déchets ;
- enfin, la loi de 1991 demande aussi d'étudier l'entreposage de longue durée, afin de compléter la gamme des solutions présentées.

En 2006, le gouvernement et le Parlement pourront, comme le prévoit la loi de 1991, se prononcer sur un ensemble de solutions scientifiques et techniques complémentaires, permettant des stratégies ouvertes et flexibles pour la gestion des déchets radioactifs.

Patrice Bernard
Directeur d'objectif Développement et innovation nucléaires du CEA