L'AVAL DU CYCLE DU COMBUSTIBLE : DES SOLUTIONS DURABLES

Présentation

par Jean-Guy DEVEZEUX DE LAVERGNE et Dominique GRENÈCHE (AREVA)

Coup d'œil dans le rétroviseur

Si l'on se projette une quinzaine d'années en arrière, au début des années 90, la physionomie de l'industrie nucléaire française était significativement différente de ce qu'elle est devenue aujourd'hui. Presque tous les réacteurs du parc EDF étaient très jeunes, quelques-uns encore en construction. Les taux de combustion commençaient à peine à s'élever au-dessus des valeurs de conception à 33 GWj/t. Les premiers combustibles MOX venaient tout juste d'être déchargés de la centrale de St Laurent. Le prototype de réacteur à neutrons rapides Superphénix livrait depuis quelques années, outre des kilowatt-heures, un retour d'expérience considérable. En parallèle, l'économie de cette filière était affectée par la très forte baisse du prix de l'uranium naturel induit par le ralentissement des programmes nucléaires de presque tous les pays du globe.

L'aval du cycle, lui aussi, était dans une phase de son histoire très différente de ce que les industriels vivent aujourd'hui. L'événement majeur de l'époque était sans nul doute le démarrage, en 89-90, de l'usine UP3 à La Hague, construite par COGEMA pour satisfaire les besoins de ses clients étrangers en traitement des combustibles usés. Le site était encore hérissé des grues du chantier de l'usine UP2-800, jumelle d'UP3, construite pour EDF. C'était l'époque des constructeurs et des démarreurs d'usine. Le concept de traitement-conditionnement en ligne des déchets était mis en place à grande échelle pour la première fois dans le monde. Les performances en termes de capacité annuelle, de taux de récupération des matières, de volumes et qualité des colis de déchets étaient fixées de manière précise dans les données de base, mais la réussite n'allait pas de soi...

Le recyclage du plutonium et de l'uranium était en phase de montée en puissance. Mélox démarrera en 1995 et atteindra quelques années plus tard une capacité de 100 tonnes de matière lourde par an.

Au-delà de l'étape de production des colis de déchets, la gestion reposait sur des concepts sûrs et performants

d'entreposage, dont la fonction essentielle était de jouer le rôle de "tampon", avant l'étape ultérieure, attendue quelques dizaines d'années au plus après la mise en service des usines.

La pause dans les travaux relatifs au stockage géologique, décidée par le gouvernement à la fin des années 80, avait ralenti nettement les actions de RetD, et l'ensemble de cette activité était en voie de réorganisation.

La loi Bataille sur les déchets de haute activité arrive à son terme

Le nucléaire est une industrie de cycles longs, qui développe des programmes dont la mise en œuvre industrielle se concrétise souvent au moins 10 ans après avoir lancé les programmes de recherches. Dans cet esprit, le législateur a voté en 1991 une loi, dont la réputation dépasse les frontières de l'hexagone, sur la recherche sur la gestion des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue (dite aussi "loi Bataille", et reprise ultérieurement dans l'article L542 du code de l'environnement). Cette loi fixait un délai d'au plus 15 ans "à l'issue duquel le Gouvernement doit adresser au Parlement un rapport global d'évaluation de ces recherches accompagné d'un projet de loi autorisant, le cas échéant, la création d'un centre de stockage des déchets radioactifs à haute activité et à vie longue".

L'échéance prévue est maintenant toute proche, et de nombreux acteurs de la loi (organismes de recherches, ministères...), ainsi que des organes politiques, ont élaboré les rapports, documents et propositions qui alimenteront le processus menant à une nouvelle loi.

Cette année 2005 constitue donc une étape importante en France dans le domaine de l'aval du cycle du combustible nucléaire. C'est pourquoi la SFEN a souhaité consacrer la Convention des 8 et 9 mars à l'établissement d'un premier bilan des progrès de l'industrie et de la recherche tout au long de ces 15 dernières années, sous le titre "L'aval du cycle du combustible : des solutions durables".

Dans ce but, elle a souhaité examiner le point où nous sommes actuellement rendus. Au-delà, la Convention visait aussi à esquisser, avec le souci de ne pas préempter les choix futurs des parlementaires, les évolutions futures rendues possibles par ces acquis.

Il s'agit tout d'abord de décrire les travaux menés au sein des "axes" de la loi de 91 :

- la recherche de solutions permettant la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue présents dans ces déchets ;
- l'étude des possibilités de stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes, notamment grâce à la réalisation de laboratoires souterrains ;
- l'étude de procédés de conditionnement et d'entreposage de longue durée en surface de ces déchets.

Il s'agit aussi de rendre compte, en dépassant même le champ de la loi de 91, du système nucléaire dans son ensemble, dans la mesure où la gestion des déchets et de l'aval du cycle en général apparaît bien aujourd'hui comme inséparable des types de réacteurs et de leur mode de fonctionnement (nature et quantités de combustibles usés, possibilité de recyclage et d'incinération...).

La gestion des combustibles usés mise en œuvre aujourd'hui en France est l'une des plus avancées dans le monde et apporte une solution sûre et durable, au sens notamment où elle permet le recyclage des matières énergétiques. Il reste toutefois à prendre des décisions industrielles de façon à disposer d'un système de gestion complet (c'est-à-dire capable de gérer les déchets dans le long et le très long terme). Le système nucléaire continuera à progresser, avec de nouveaux réacteurs et de nouvelles usines du cycle, offrant de nouvelles opportunités de progrès. A cet égard, ce colloque a bien montré qu'à l'horizon de quelques décennies, ce n'est pas une solution unique qui se fait jour mais un éventail de solutions diversifiées et complémentaires, parvenues à divers degrés de maturité. En effet, certains des travaux menés dans le cadre de la loi Bataille sont arrivés à l'échéance de l'industrialisation et d'autres s'inscrivent dans des programmes à plus long terme.

Un choix de communications présentées à la convention de la SFEN illustre la solution de gestion des déchets mise en œuvre dans l'industrie de l'aval du cycle en 2005, ses performances et son potentiel d'évolution

La Revue Générale Nucléaire a réuni dans ce numéro certaines des communications présentées les 8 et 9 mars.

L'article **"Le cycle du combustible : une contribution majeure à une énergie nucléaire durable"** est signé du Haut Commissaire à l'Energie Atomique, Bernard Bigot. Il présente une synthèse des performances atteintes par l'industrie et, en se fondant sur les travaux de recherche menés jusqu'à ce jour, propose une réflexion sur les orientations futures qui permettront d'accroître encore la contribution du nucléaire au développement durable.

Les interventions d'Alain Bucaille, d'Areva, et de Bernard Frois, du Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies, n'ont pu, pour des raisons éditoriales, être intégrées dans ce numéro. Le lecteur intéressé par

les publications du Ministère et sa synthèse des travaux menés dans le cadre de la loi de 91 se référera utilement au site www.recherche.gouv.fr (en particulier le rapport "Stratégie et Programmes des recherches" au format pdf).

Procédés et technologie

Suivent ensuite 5 articles portant sur les procédés et la technologie, dans une démarche explicative des résultats de la recherche selon les différents axes de la loi de 91, en soumettant en outre ces résultats à l'examen des spécialistes en sûreté, pour apporter cet éclairage indispensable.

Ainsi, l'article **"Les stockages géologiques"** de Jean-Michel Hoorelbeke, qui présente la démarche et les choix de concepts de l'ANDRA, est-il suivi d'un examen de ce même sujet sous l'angle de la sûreté **"La sûreté dans l'aval du cycle, application aux stockages géologiques"**, par François Besnus, de l'IRSN.

Symétriquement, l'article **"Les entreposages de longue durée"** de Thierry Lieven décrit comment le CEA a pu concevoir des entrepôts pour gérer d'emblée des durées de 100 à 300 ans. Y répond l'article **"La sûreté des entreposages"** de MM. Jean-Pierre Carreton et Jacob Marciano, de l'IRSN.

Enfin, l'article de Gilles Bordier et Michèle Tallec **"Les procédés de conditionnement des déchets"** illustre les progrès significatifs obtenus par le CEA, tant en termes de procédés, qu'en termes de connaissance des propriétés de résistance aux agressions externes des colis de déchets, en situations d'entreposage ou de stockage. L'intervention de Philippe Knoche, de COGEMA, décrivait comment les industriels ont déjà pour une large part mis en œuvre ces progrès dans les usines (réduction des volumes de déchets de Haute Activité et à vie longue d'un facteur 10 en 15 ans), construction et exploitation d'entrepôts de dernière génération capables de gérer les déchets sur des durées de 100 ans au moins, si cela s'avérait nécessaire. Il n'a pas été reproduit ici, car assez proche de l'article de Sandra Barithel et Jean-Guy Devezeaux de Lavergne publié par la RGN à l'été 2004 (RGN n°4), auquel nous renvoyons le lecteur. Ces papiers présentent notamment les grands jalons qui pourront mener à la future génération d'usine de traitement en France. Cette usine pourrait démarrer à l'arrêt de l'usine de La Hague actuelle, soit vers 2040 environ.

Des impératifs éditoriaux n'ont pas permis de faire figurer ici les présentations sur les procédés de traitement actuels et futurs (de Bernard Boullis et Michaël Lecomte, du CEA) et sur les potentialités en matière de transmutation des radionucléides à vie longue (de Franck Carré, Marc Delpech et Dominique Warin du CEA). Compte tenu de leur importance et du volume de R&D qu'il faut prévoir sur ces sujets, la RGN aura sans nul doute l'occasion de consacrer de prochains numéros à ces travaux qui constituent la colonne vertébrale de l'axe 1 de la loi de 1991. Les premiers sont en passe de déboucher, comme attendu, sur la faisabilité technique du schéma de référence de la séparation poussée. Les seconds portent essentiellement sur l'apport des réacteurs du futur en matière de transmutation, les possibilités dans les réacteurs à eau pressurisée actuels apparaissant limitées. Ces travaux

montrent qu'un facteur additionnel de réduction de 10 à 100 de l'inventaire radiotoxique des déchets des parcs futurs, par rapport au parc actuel, peut constituer un objectif techniquement atteignable. Le lecteur intéressé par ces recherches peut notamment trouver des informations sur le site Web du Ministère de la Recherche et des Nouvelles Technologies www.recherche.gouv.fr déjà cité ou sur celui du CEA www.cea.fr.

Scénarios de gestion des matières nucléaires et solutions envisageables

Avant même de quantifier les possibilités des parcs futurs en termes de transmutation des radionucléides les plus toxiques, il convient d'examiner la question du recyclage des matières valorisables et notamment celui du plutonium. Cet intérêt est triple. D'une part, c'est via le recours au plutonium, séparé dans les procédés de traitement actuels et futurs, que le potentiel énergétique de l'uranium pourra être utilisé de façon bien plus efficace, repoussant la durée de vie des réserves prouvées d'uranium au-delà du millénaire. L'enjeu est capital pour le développement durable. D'autre part, la plus grande part de l'inventaire radiotoxique contenu dans le combustible usé se trouve dans le plutonium : valoriser cette ressource par la combustion, c'est aussi réduire d'autant la quantité de plutonium et donc la toxicité des déchets actuellement conditionnés. Enfin, le facteur temps doit être pris en compte dans l'appréciation des possibilités de mise en œuvre de solutions de fin de cycle encore plus durables. Les durées de vie des réacteurs sont longues, les flux de matières disponibles déterminent les capacités industrielles qu'il sera possible de construire selon telle ou telle technologie. C'est un exposé d'ensemble sur ces questions que propose l'article "**Les réacteurs et la gestion des matières fissiles et fertiles**" de MM. Michel Debes et Patrick Barbrault (EDF).

La combinaison de ces fonctions de séparation des matières recyclables et de transmutation est étudiée par le CEA et les industriels. Elle est en cours d'évaluation par les Pouvoirs Publics. Florence Fouquet, de la Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP), a présenté à la convention de la SFEN des résultats intermédiaires de l'étude en cours sur la "**Gestion industrielle des déchets radioactifs**", et notamment une évaluation multicritère. Cette méthode, à terme, devrait apporter une contribution de premier ordre à la décision de mise en œuvre de telle ou telle solution nouvelle, en fonction de l'état de la science et de la technique. Nous proposons au lecteur d'attendre la publication par l'administration de ses travaux, laquelle est programmée pour dans quelques mois.

Dans une perspective assez différente, mais d'une importance tout aussi grande, nous avons reproduit dans ce numéro l'**Intervention de Bruno Sido**, sénateur de la Haute-Marne et membre de l'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST). Il brosse un vaste panorama du système énergétique et du rôle du nucléaire dans notre société, en montrant combien l'ont frappé les progrès obtenus dans le cadre de la loi de 91 et en soulignant l'importance de conduire les évolutions de demain dans le souci du développement

durable. Bruno Sido conclut son intervention en mettant en exergue le rôle central du développement local dans les projets énergétiques d'intérêt national, tels que les centrales nucléaires, qui sont accompagnées de flux financiers (taxe professionnelle...), de créations d'emplois et d'autres actions. Dans la perspective d'une éventuelle nouvelle étape en matière de stockage, il illustre ce propos avec le laboratoire de l'ANDRA dans l'argile. Celui-ci se trouve en effet à la limite de son département, la Haute-Marne, avec la Meuse.

Les approches internationales

Le programme français, tant sous l'angle des réalisations industrielles que de l'effort de recherche consenti tout au long de ces quinze dernières années est l'un des plus significatifs. Il n'est pour autant, loin s'en faut, pas le seul. La convention a été l'occasion de faire un point sur certains d'entre eux.

"**Une vue extérieure des programmes américains de gestion des déchets nucléaires**" nous est proposée par Régis Babinet, attaché nucléaire à Washington.

L'article de Claes Thegerström, président de la SKB suédoise (filiale des électriciens chargée de la gestion de l'aval du cycle dans ce pays), "**Comment associer le public au processus de décision : le cas suédois**", nous livre une expérience unique en la matière, et insiste sur l'importance de la définition à l'avance d'un processus, avec des jalons identifiés.

Pour le programme AFCI (Advanced Fuel Cycle Initiative) et le programme Génération IV, dont la présentation par Michel Masson, du CEA, ne figure pas dans ce numéro, le lecteur peut se reporter respectivement aux sites Internet <http://afci.lanl.gov> et <http://gen-iv.ne.doe.gov>.

L'action des organismes multinationaux

Enfin, des structures "multinationales" sont aussi des facteurs très importants de recherche dans le domaine de la gestion de l'aval du cycle et des déchets. Les chercheurs français mènent nombre de leurs recherches dans un tel cadre. "**L'approche européenne**" en la matière nous est présentée dans l'article de Michel Hugon, V.P. Bhatnagar, S. Casalta, M. Raynal et S. Webster.

En ce qui concerne l'action de l'AEN, présentée à la convention par Thierry Dujardin, de l'AEN/OCDE, le lecteur peut se reporter au site <http://www.nea.fr> et pour l'action de l'AIEA, présentée par Yuri Sokolov, à celui de l'AIEA, <http://www.iaea.org>.

Jean-Guy DEVEZEAUX DE LAVERGNE
et **Dominique GRENÈCHE (AREVA)**,
organisateur de la Convention SFEN
des 8 et 9 mars 2005