

Spécial « gestion des déchets nucléaires en Europe »

Édito



Maria Betti
Directeur de la Sécurité
et Sécurité nucléaire,
DG Joint Research
Centre - Commission
européenne

Les enjeux scientifiques du stockage géologique

La disponibilité de solutions sûres et efficaces pour traiter les déchets nucléaires est une préoccupation majeure qui entrave l'acceptation par le public de l'énergie et des applications nucléaires. Elle est principalement liée à l'élimination des déchets nucléaires, mais aussi au démantèlement et, le cas échéant, à la remise en état d'installations et de sites nucléaires obsolètes.

Les installations de conditionnement et d'élimination des déchets de faible activité ou des déchets à vie courte sont opérationnelles en Europe. Cependant, aucun dépôt géologique pour l'élimination des déchets à vie longue, des déchets de haute activité ou des combustibles nucléaires usés n'est actuellement en service. La production annuelle de combustibles usés en Europe dépasse les 2000 tHM (~1200 tML en France). En France, ils sont retraités pour recycler l'uranium et le plutonium. D'autres pays les considèrent comme une forme de déchets à déposer directement dans un dépôt géologique.

Certains pays de l'UE (Finlande, Suède, France) sont sur le point de mettre en œuvre le stockage géologique pour ces déchets. Celui-ci, caractérisé par la présence de barrières redondantes séquestrant les espèces radioactives, pourrait être opérationnel au cours de la prochaine décennie. Les autres pays ont des délais plus longs. En attendant que le dépôt devienne opérationnel, le combustible usé doit être conservé dans des entrepôts intermédiaires, secs ou humides. **Il n'y a pas de lacunes technologiques empêchant la construction et l'exploitation d'un dépôt géologique en profondeur, les obstacles sont davantage de nature administrative et politique.** Néanmoins, il existe des domaines dans lesquels des contributions à la R&D sont envisagées et/ou nécessaires.

L'extension du calendrier de mise en œuvre de l'élimination géologique entraîne une extension de la durée de stockage provisoire de quelques décennies initialement envisagées à des durées allant jusqu'à un siècle ou plus. Il est donc très important de fournir des preuves scientifiques sur l'évolution des propriétés physico-chimiques susceptibles d'affecter l'intégrité des assemblages des combustibles usés (combustible, composants de revêtement et composants structuraux) et des conteneurs pendant et après un stockage prolongé (y compris la récupération, le transport et le réemballage des combustibles usés pour leur élimination). En ce qui concerne le comportement à très long terme des déchets à haute activité vie longue, la R&D actuelle se concentre sur la réduction des incertitudes liées à la mobilisation de radionucléides chimiquement mobiles à longue durée de vie. Le comportement des combustibles à haut taux de combustion et celui des combustibles mixtes contenant des oxydes d'U-Pu et les additifs est également étudié. Dans le futur, brûler les radionucléides à vie longue dans des réacteurs rapides pourra réduire l'empreinte du stockage de déchets de haute activité et la durée de leur stockage de plusieurs centaines de milliers d'années à plusieurs centaines d'années.

Le financement d'EURATOM pour la gestion des déchets radioactifs est mis en œuvre par le biais d'un programme commun européen. Celui-ci est piloté par des organisations mandatées par les gouvernements respectifs avec les parties liées. Il est étendu à tous les types de déchets radioactifs et activités de recherche, aux études stratégiques associées importantes pour les États membres dans la mise en place et la mise en œuvre de programmes de gestion des déchets radioactifs responsables et sûrs. L'accent est mis également sur tous les aspects de la gestion et le transfert des connaissances.

au sommaire

En page 1

- Edito

En pages 2 et 3

- Faire les bons choix maintenant

En pages 4 et 5

- Les Entretiens sont ouverts
- Une directive pour tous les Etats

En pages 6 et 7

- Royaume Uni, Allemagne, accélérer.
- L'inventaire national, un outil de transparence

En pages 8 et 9

- Combustibles usés : le leadership d'Orano
- Les savoir-faire en Belgique

En pages 10 et 11

- La Finlande à l'avant-garde
- La Russie propose de fermer le cycle du combustible
- Pour un stockage partagé

En page 12

- La déconstruction, vers une nouvelle industrie du recyclage

En page 13

- Le rôle de l'Autorité de Sécurité : le cas de la Slovaquie

En pages 14 et 15

- Coopération avec le Japon et la Chine

En page 16

- La dimension européenne du débat public



Faire les bons choix maintenant



Comme toute industrie, l'industrie nucléaire produit des déchets qu'il faut gérer. La difficulté tient à leur spécificité : certains déchets fortement radioactifs, les moins nombreux heureusement, ont une durée de vie très longue, qui dépasse plusieurs siècles. Mais des solutions existent ou existeront demain. Dans son article, Jacques Percebois examine les enjeux et les expériences.

Il importe d'abord de préciser de quels déchets l'on parle. Le terme « déchets » s'applique aux produits obtenus au terme de la réaction de fission et que l'on ne sait pas ou que l'on ne veut pas traiter et valoriser. Le cycle « ouvert » consiste à entreposer et/ou stocker les combustibles usés et produits de fission en l'état, le cycle « fermé » revient à en récupérer une partie pour les traiter et les recycler. C'est le cas de l'uranium usé ou du plutonium qui sert à fabriquer le MOX en France. Au terme du recyclage, il subsiste les « déchets ultimes ». Certains pays, comme les Etats-Unis, ont opté pour le cycle « ouvert », prétextant que le retraitement-recyclage pouvait favoriser la dissémination de produits à des fins militaires. La France voit dans le cycle « fermé » une solution pour limiter les besoins en uranium naturel et pour réduire le volume de plutonium à stocker, ce plutonium devenant un combustible. Traiter et recycler les déchets coûte plus cher que de les stocker en l'état mais l'opération est rentable si le prix de l'uranium est élevé ou si l'on craint une pénurie. De plus, cela réduit un peu le volume des colis de déchets à stocker. C'est en outre une opération nécessaire si l'on veut favoriser l'émergence d'une filière de 4^{ème} génération (réacteurs à neutrons rapides), ce qui est la position française (projet Astrid).

Il faut ensuite préciser la nature des déchets. On utilise deux critères pour dresser la typologie des déchets : leur niveau de radioactivité d'une part, leur durée de vie d'autre part. On a donc toute une gamme de déchets qui va des FAVC (faible activité, vie courte) aux HAVL (haute activité vie longue). En France, le volume des déchets provient à près de 60% de la production d'électricité nucléaire et à près de 30% du secteur de la recherche (chiffres Andra). Le reste (environ 10%) est dû à la Défense nationale, à l'industrie non électronucléaire et au secteur médical. Une très forte proportion du volume des déchets (91%) correspond à des déchets à faible voire très faible activité à vie courte (TFA) qui peuvent être stockés en l'état, en surface ou en sub-

surface, en attendant leur seuil de libération (niveau de radioactivité naturelle). En France ils sont entreposés et stockés dans le Centre de Stockage de la Manche (en voie de fermeture) et dans les Centres de l'Aube.



Stockage des colis de déchets TFA en alvéole (aube.andra.fr)

Près de 6% des déchets sont qualifiés de FAVL : leur activité est faible mais leur durée de vie est longue voire très longue, ils seront stockés en subsurface. Ceux qui posent problème sont les déchets moyennement ou fortement radioactifs (3,5%) car leur durée de vie est en général très longue. Les déchets MAVL représentent 3,2% des déchets et émettent 5,5% de la radioactivité. Les HAVL ne représentent que 0,3% des déchets mais ils concentrent à eux seuls près de 95% de la radioactivité (source Andra).

Entreposage ou stockage, un choix éthique. L'entreposage est une solution temporaire, le stockage une solution définitive. Dans tous les cas les déchets doivent être entreposés durant un certain temps pour réduire leur niveau de radioactivité avant de les stocker et limiter la chaleur qu'ils dégagent. Certains optent pour un entreposage sur très longue période (plusieurs siècles) des MAVL et HAVL à la fois parce que l'on peut mieux, selon eux, surveiller les sites et surtout parce que des progrès scientifiques majeurs, débouchant sur des ruptures technologiques, permettront demain de transmuter ces déchets à vie longue en déchets à vie plus courte voire en combustibles, ou de trouver une solution totalement nouvelle. On choisit dans ce cas une solution reposant sur la sûreté « active » : il faut surveiller les sites, reconditionner périodiquement les colis de déchets et réaménager les entrepôts. C'est coûteux et le risque associé à cette solution est la perte de vigilance dans la surveillance et/ou la perte de compétence dans le conditionnement (surtout si le nucléaire est arrêté au profit d'une autre énergie). S'ajoute un risque sociétal majeur : que sera l'état de la société dans 300 ou 500 ans ? Il s'est écoulé 300 ans depuis la mort de Louis XIV et 500 ans depuis Marignan et l'état de la société française a bien évolué... Que se passerait-il en

cas de guerre mondiale ? Faut-il laisser aux générations futures la gestion de déchets produits par la génération présente ? C'est un problème qui relève de l'éthique.

Une sûreté « passive » plus sûre. L'avantage du stockage en zone géologique, c'est que la sûreté est « passive » et ne fait plus intervenir l'action de l'homme : une fois le site fermé, c'est la géologie qui en assure la sûreté. Un stockage au fond des océans est interdit par les conventions internationales, un stockage dans le magma terrestre inconcevable avec les technologies connues. C'est la solution du stockage profond (à moins de mille mètres) qui est recommandée par l'AIEA, l'AEN (OCDE), l'ONU et retenue par le plus grand nombre de pays producteurs de déchets. Trois types de couches géologiques sont considérées comme stables sur des milliers voire des millions d'années : l'argile (ou argillite), le granit et le sel. Certains pensent qu'il faut maintenir une mémoire du site de stockage pour les siècles à venir, même après fermeture, ne serait-ce que pour éviter que dans deux ou trois siècles des forages soient entrepris qui pourraient faire migrer plus rapidement la radioactivité vers la surface. On pourrait par exemple y construire un monument symbolique¹. D'autres contestent ce choix, argumentant que la curiosité incitera les générations futures à explorer le site sans prendre nécessairement toutes les précautions de sûreté. L'oubli n'est-il pas alors la meilleure solution ?

France, Finlande et Suède ouvrent la voie. Ces trois pays sont en avance dans le domaine du stockage des déchets MAVL-HAVL. Le site de Forsmark à Okiluoto (site de l'EPR) en Finlande dans de la roche cristalline devrait être opérationnel vers 2025. En Suède, le stockage se fera dans du granit et l'exploitation devrait commencer vers 2030. En France, c'est le site de Bure, dans de l'argillite à 500 mètres de profondeur, qui a été retenu (projet Cigéo).

Le stockage des déchets MAVL en France devrait commencer en 2040 et celui des déchets HAVL vers 2080. Ce stockage sera « réversible » durant un siècle, selon les termes de la loi de 2006, ce qui signifie que l'on devra pouvoir récupérer certains colis de déchets si on le souhaite. Il devrait donc être fermé vers 2150. Il est difficile de comparer le coût du stockage français et celui des stockages finlandais et suédois car le volume des déchets est très différent (plus faible dans les pays nordiques) et les contraintes géologiques ne sont pas les mêmes. La France a renoncé au granit, les sites explorés présentant des fissures, et l'enjeu économique est apparu comme une question de second ordre par rapport aux exigences de la sûreté.

¹ Voir l'ouvrage de Cécile Massart ci-contre.

Des pays en attente. Les autres pays sont en attente d'un site de stockage ou hésitent encore entre stockage ou entreposage de longue durée. La Belgique a prévu de stocker les déchets les plus radioactifs dans l'argile de Boom à Mol, là où existe un laboratoire souterrain à 230 mètres de profondeur. Aux Etats-Unis, suite aux déboires de Yucca Mountain et à l'accident du Wipp, les autorités fédérales sont toujours à la recherche de sites de stockage et les déchets sont actuellement entreposés sur les sites de production (39 Etats). Le régulateur (NRC) a d'ailleurs annoncé que l'entreposage à long terme et à sec du combustible usé constitue une solution fiable et sûre. En Allemagne on prévoit d'utiliser l'ancienne mine de fer de Konrad pour stocker les déchets FAVL et MAVL et on recherche toujours un site pour les déchets HAVL. En attendant ils sont entreposés à Gorleben, là même où le projet de stockage dans le dôme de sel de Gorleben a été abandonné suite à l'accident survenu dans la mine de sel de Asse. Le Royaume-Uni cherche un site de stockage qui devrait être opérationnel après 2040. La

Russie projette de construire un laboratoire souterrain dans un massif granitique et envisage de créer à terme un centre souterrain de stockage.

Vers un site international de stockage ?

Au Canada, en Chine, en Inde, au Japon, aux Pays-Bas ou en Suisse, des études sont en cours pour trouver des sites de stockage, dans de l'argile ou du granit, et partout l'entreposage est une solution d'attente. L'Australie, qui ne produit pas d'électricité nucléaire mais exporte de grandes quantités d'uranium, a laissé entendre qu'un stockage en profondeur dans des régions désertiques du pays pourrait accueillir des déchets étrangers. Chaque pays a l'obligation de stocker chez lui ses déchets mais une telle solution mérite d'être étudiée compte tenu de l'étendue et de la nature de ce territoire désertique. La solution sera-t-elle à terme un site international de stockage ?

Jacques Percebois

Professeur émérite à l'Université de Montpellier
Directeur du CREDEN, Centre de recherche en économie et droit de l'énergie

Un coût raisonnable

Cigéo est un projet unique et il n'est pas facile d'en estimer le coût sur la longue période. Il faut prendre les chiffres avec prudence car une dérive des coûts est probable. Evalué entre 25 et 33 milliards d'euros (étalé sur un siècle), le coût est raisonnable si on le compare au coût du grand carénage des réacteurs d'EDF (55 milliards d'euros) ou au surcoût des énergies renouvelables estimé par la Cour des Comptes (rapport de mars 2018) à 121 milliards d'euros sur la période 2017-2045 (contrats « feed-in tariffs » déjà signés). Cela représente 1 à 2% du coût de production d'un kWh. Ce coût ne tient pas compte de celui du démantèlement (estimé en France à environ 20 milliards d'euros pour les 58 réacteurs), ni a fortiori de celui du

traitement-recyclage des déchets. Ces coûts sont à la charge des producteurs d'électricité nucléaire et apparaissent dans le prix de revient du kWh nucléaire (estimé à 50-60 euros le MWh par la Cour des Comptes). Il ne s'agit ici que du coût brut de l'installation de stockage, coût d'investissement et coût d'exploitation durant un siècle. L'investissement de la « phase pilote » (première phase) de Cigéo est estimé à 5 ou 6 milliards d'euros. Le Ministère (DGEC) a retenu le chiffre de 25 milliards (qui sert de base aux provisions des producteurs de déchets) pour le coût total du projet, tandis que l'Andra (en charge du projet) avait estimé au départ ce coût total à 33 milliards.

J. P.

PNGMDR, La France (ré) ouvre le débat public

Saisie par le ministère de la Transition écologique et solidaire, la Commission Nationale du Débat Public a décidé de l'organisation d'un nouveau débat public sur le Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs (PNGMDR) en décembre 2018. Espérons que ce débat - qui sera le 3^{ème} du genre - pourra se tenir dans la sérénité. Chacun se souvient de l'échec du débat public en 2013-2014 à cause des actions « coup de poing » des opposants à la création du site de Bure⁵.

La commission particulière du débat public (CPDP), présidée par Mme Isabelle HAREL-DUTIROU, a débattu des conditions d'organisation de ce débat, de l'exigence d'ouverture des sujets et de l'opportunité de suspendre certaines procédures le temps

du débat tout particulièrement concernant CIGEO. Ainsi le gouvernement a cédé au flot de critiques des associations environnementales et anti-nucléaires depuis l'évacuation par 500 gendarmes, le 22 février 2018 à l'aube, du site de Cigéo, occupé depuis 2016 par une quinzaine de personnes. Ceux-ci ont déjà annoncé un « débat explosif » ! C'est dans ce contexte que se tiendront Les Entretiens Européens avec l'ambition d'apporter à ce débat toute sa dimension européenne (Voir page 16).

C. F.H.

⁵ ASCPE a organisé une édition des Entretiens Européens à Paris sur « l'appropriation sociétale de la gestion des déchets nucléaires » en 2014, qui s'est prolongée par une nouvelle édition en 2015 sur le même sujet à Bruxelles.

Le livre de Cécile Massart



Le 18 octobre, Cécile Massart, figure majeure de l'art belge et pionnière de la question nucléaire, interviendra lors des Entretiens Européens à Paris. Elle présentera son livre *Archive du futur, pour une culture nucléaire*, publié aux éditions La Lettre volée, avec le concours de l'ONDRAF. Cherchant à sensibiliser le public à la question du marquage des sites d'enfouissement des déchets nucléaires pour les générations à venir et à engager le monde culturel dans une réflexion sur notre culture nucléaire encore largement impensée, Cécile concentre son travail sur la recherche d'un mode de transmission de la mémoire des sites de déchets radioactifs dans le paysage.

Suite à de nombreux voyages dans les pays nucléarisés, elle expose dès 1994 et publie ses travaux sous le titre *Un site archivé pour alpha, bêta, gamma*. En 2008, l'artiste dessine un ensemble de marqueurs et publie *Cover* que nous avons eu le plaisir d'offrir à Budapest lors des Entretiens Européens de 2010.

Le but est de rendre lisible à la surface cette strate archéologique des XX^e et XXI^e siècles et appeler à la responsabilité de tous. Quelle politique adopter pour l'avenir ? Quel patrimoine voulons-nous transmettre ? Concernant plus spécifiquement les déchets hautement radioactifs, l'artiste ouvre de nouveaux champs d'investigation avec le « laboratoire ». Situés sur le périmètre du site naissent ainsi de nouveaux espaces collectifs pour la création et un renouveau du rôle de l'artiste pour la sécurité du monde vivant.



Le la est donné pour Les Entretiens Européens de Paris

Le 14 septembre 2018 s'est tenue à Bruxelles dans les locaux de FORATOM, une réunion préparatoire aux Entretiens Européens qui se tiendront le 18 Octobre 2018 à Paris sur la gestion des combustibles usés et des déchets nucléaires. C'est dans ce cadre qu'ASCPE recevait Massimo GARRIBBA, directeur « Energie nucléaire, sûreté et ITRE » à la DG Energie de la Commission Européenne, Jacques PERCEBOIS, professeur à l'Université de Montpellier, membre de la Commission Nationale d'Evaluation des recherches et Etudes des déchets nucléaires (CNE2) et Géraldine BENOÎT de la Direction de Projets Déconstruction Déchets (DP2D) à EDF. La rencontre, animée par Claude FISCHER-HERZOG, directrice d'ASCPE, a ouvert le débat.

Pour Massimo Garribba, la directive sur les déchets nucléaires - adoptée en 2011 - reste une des priorités de la Commission. Clarifier la question des coûts de gestion est nécessaire selon lui, si on veut répondre aux interrogations de l'opinion publique et aux arguments des anti-nucléaires. Jacques Percebois précise que les feed-in-tariffs, mis en place pour l'énergie renouvelable en France sur la période 2018 à 2044, coûteront 5 fois plus cher. Comment passer des objectifs adoptés par les Etats sur la gestion des déchets nucléaires à une réelle politique d'élimination des déchets ? En réponse à Marc Bayens d'Electrabel, qui s'interroge sur une possible révision de la directive, Massimo Garribba pense que les raisons dans le retard des Etats à transposer la directive², ne sont pas à chercher dans la directive mais dans le manque de cohérence et d'harmonisation entre les Etats dont l'inventaire des déchets nucléaires fait l'objet d'une classification très différente.

Jacques Percebois et Géraldine Benoît ont tous deux évoqué la nuance faite par l'opinion publique et certains acteurs entre déchets ultimes et déchets conditionnables. En France, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) déclare que tout ce qui vient d'une zone nucléaire doit être considéré comme déchet nucléaire, y compris les déchets à très faible radioactivité. Ainsi les producteurs sont obligés de vendre tous les déchets, y compris ceux issus du démantèlement, à l'Andra qui doit les entreposer. L'agence gardant secret le montant de ses contrats, il est difficile d'évaluer concrètement les prix de la gestion selon Jacques Percebois. Celui-ci pense que la meilleure des solutions serait de définir un « seuil de libération » qui permettrait de recycler la grande majorité des déchets du démantèlement, comme c'est le cas en Finlande et en Suède. A la question de Berta Picamal, secrétaire générale de FORATOM, qui se demande ce



qui va se passer si l'ASN n'est pas d'accord avec le « seuil de libération », Géraldine Benoît répond que le comportement de la France est relativement contraire aux codes de l'environnement. Elle ajoute que déclarer radioactifs tous les déchets, y compris ceux qui n'atteignent pas la radioactivité naturelle, conforte l'opinion publique dans sa conviction que radioactivité égale dangerosité. Andrey Rosdestvin, directeur de Rosatom Western Europe, pense qu'on a besoin de nouvelles technologies, car pour lui, les nouveaux réacteurs changeront le profil des déchets. Il propose de bâtir une filière européenne pour résoudre toutes les questions techniques, écologiques, ce qui risque d'être assez complexe vu la loi française qui interdit de stocker les déchets venus d'ailleurs et qui s'interdit d'envoyer les siens. Jacques Percebois interroge sur la faisabilité d'un nouveau nucléaire car les dépenses nécessaires à la recherche et au développement pourraient être compromises par la décision de réduire la part du nucléaire dans la production électrique. Robert Leclere, directeur du Forum nucléaire belge, trouve lui aussi hasardeux de compter sur les technologies du futur pour gérer les déchets nucléaires et que c'est une manière d'échapper au problème. Baptiste Buet, directeur du bureau de Bruxelles d'Orano, rappelle que la France est leader mondial dans le recyclage des combustibles usés et dans les solutions d'entreposage durable des déchets qui

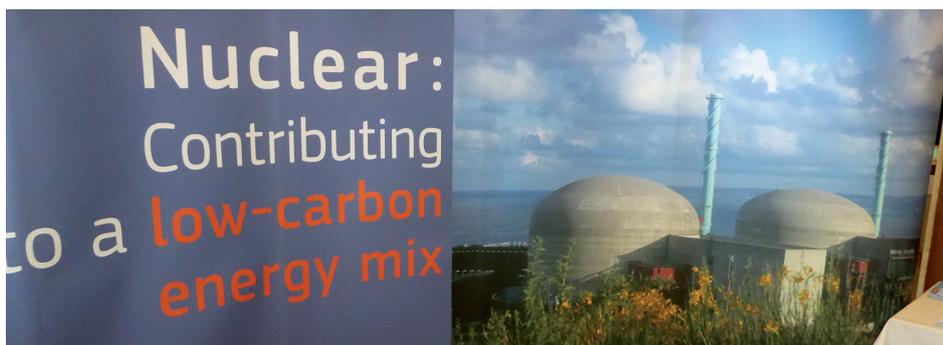
sont vitrifiés, après leur retraitement ou leur recyclage. C'est une technologie européenne qui est très bien maîtrisée et qui fait encore figure d'école dans d'autres régions du monde.

Claude Fischer-Herzog rappelle qu'un grand marché du démantèlement commence à émerger avec à la clé des milliards d'euros. Elle souligne que pour une meilleure appropriation sociétale des enjeux, il faut répondre aux questions de l'opinion publique avec des arguments financiers et scientifiques, et démontrer que des solutions à l'échelle européenne existent. L'innovation pour elle, serait de créer une filière européenne et de construire des projets qui permettent une coopération entre les Etats et les entreprises. Elle se réjouit des échanges qui ont donné le la pour les Entretiens Européens qui se tiendront dans le débat public national français et qui pourraient déboucher sur des recommandations auprès des institutions.



Wilfried Nikiema
Chargé de mission à ASCPE

² 16 Etats ont élaboré leurs plans nationaux de gestion des déchets radioactifs, 8 ont envoyé un inventaire de leurs déchets, et 3 n'ont pas soumis de rapport à la Commission. Voir l'article de Massimo Garribba en page 5



Les programmes nationaux : où en est-on de la mise en œuvre de la directive ?

Une directive-cadre

Il existe une idée reçue répandue selon laquelle les déchets radioactifs concernent seulement les pays disposant de centrales nucléaires. Cependant, tous les États membres de l'UE produisent des déchets radioactifs, résultant de réacteurs de recherche ou du secteur médical, et 21 d'entre eux gèrent des combustibles usés de réacteurs nucléaires. À cause du danger potentiel que le matériau radioactif fait peser sur les travailleurs et le public en général, il est important de garantir la sûreté de sa gestion tout au long de son cycle de vie, dans l'intérêt des citoyens et de l'environnement.

En adoptant et en transposant la directive-cadre sur les déchets radioactifs¹, les États membres de l'UE ont accepté la responsabilité de respecter ses exigences et de garantir un haut niveau de sécurité lorsqu'ils gèrent ces matériaux. La directive est une pierre angulaire du cadre législatif européen sur le nucléaire ; un cadre réglementaire juridiquement contraignant et applicable, le plus avancé au monde. Les États membres étaient tenus d'aligner leur législation sur la directive avant le 23 août 2013 et disposaient de deux années supplémentaires pour mettre en place des programmes nationaux de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs. Ils étaient également tenus de transmettre à la Commission leurs premiers rapports nationaux sur la mise en œuvre de la directive.



Quelle est la situation dans les États membres ?

Après avoir analysé les législations nationales pertinentes, la Commission a conclu que les réglementations de plus de la moitié des États membres n'étaient pas en accord – totalement ou partiellement – avec les dispositions de la directive. Ainsi, en mai et juin 2018, la Commission a ouvert un dialogue formel avec ces États membres. Les principales questions en jeu sont les dispositions des cadres réglementaires nationaux, les autorités de surveillance compétentes, les titulaires de licences, les expertises et les compétences. À ce jour, tous les États membres, sauf trois ont adopté de tels programmes nationaux (Voir colonne ci-contre). De façon générale, la Commission observe un degré variable de détails dans les différents

programmes nationaux. Seuls quelques États membres ont un programme national qui supervise tous les types de combustibles usés et de déchets radioactifs et toutes les étapes de leur gestion, la principale d'entre elles étant celle de l'entreposage. Certains projets complets ne précisent pas les phases successives de la gestion selon un calendrier détaillé, créant ainsi le risque de reporter la prise de décision au lendemain. L'une des principales lacunes est aussi l'information insuffisante sur les coûts des programmes nationaux et les mécanismes de financement en place.

Evaluer les coûts des plans nationaux

Pour les États membres, il est essentiel de connaître le coût total de leur programme et les échéances auxquelles les coûts se matérialiseront. Ainsi seulement seront ils en mesure de mettre en œuvre les mécanismes de financement adaptés afin de disposer des fonds nécessaires selon les besoins. Un autre problème est le manque d'indicateurs clairs permettant de surveiller les progrès dans la poursuite des programmes. Des efforts supplémentaires sont donc nécessaires pour répondre à l'ensemble de ces lacunes.

Faciliter la coopération pour améliorer la gestion

Afin d'aider les États membres à relever certains des défis susmentionnés, la Commission a entrepris un certain nombre d'actions visant à promouvoir la coopération et l'échange de bonnes pratiques avec les États membres et les organisations internationales. Depuis 2014, la Commission assiste l'AIEA dans le développement de l'outil d'auto-évaluation et la préparation d'examen internationaux par des pairs (ARTEMIS). L'objectif est de fournir un outil d'auto-évaluation périodique et de révision indépendante du cadre, du programme et de l'organisme de réglementation compétents au niveau national, à la disposition de chaque État membre.

L'établissement de rapports sur les inventaires nationaux a été l'un des défis des programmes nationaux, en particulier lors de la préparation des prévisions futures. Depuis 2015, la Commission collabore avec l'AIEA, l'Agence de l'Énergie nucléaire de l'OCDE et le Groupe Européen des Régulateurs de la Sûreté Nucléaire (GERSN) pour mettre au point un ensemble harmonisé de données pour les inventaires nationaux. L'objectif est de faciliter la notification des États membres de l'UE et d'améliorer la fiabilité des données d'inventaire mondiales conformément à la classification de l'AIEA.

La Commission met également tout en œuvre pour renforcer la transparence et que les informations pertinentes soient accessibles au public. À cet égard, elle a présenté un aperçu complet de la situation dans différents États membres dans son premier rapport au Conseil et au Parlement européen sur la mise en œuvre de la directive, adoptée en mai 2017. Puis en novembre 2017, elle a organisé un atelier avec les États membres pour examiner la voie à suivre. La Commission prévoit de poursuivre ce travail avec les États membres sur la base des rapports nationaux qui devaient être soumis en août 2018. Les résultats seront pris en compte dans le deuxième rapport de la Commission au Conseil et au Parlement européen en 2019.

Massimo Garriba

Directeur, Énergie nucléaire, sûreté et ITER,
DG Énergie, Commission européenne



¹ Directive 2011/70/Euratom du Conseil du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs - JO L 199, 2.8.2011, p. 48-56

La directive de 2011 Trois pays à l'index

Le 19 juillet 2011, le Conseil de l'Union européenne a adopté la directive « établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs », 2 ans après l'adoption de la directive « Sûreté ».

Cette directive rappelle la responsabilité première des producteurs et la responsabilité en dernier ressort de chaque État membre d'assurer la gestion des déchets produits sur son territoire. Elle encadre l'élaboration des politiques nationales de gestion que devra mettre en œuvre chaque État membre qui doit se doter d'un cadre législatif et réglementaire¹. Cette directive devait être transposée dans un délai de deux ans par chaque État membre qui devait notifier leur plan national de gestion au plus tard le 23 août 2015. La date a été repoussée en août 2018, mais malgré ce délai, certains États membres comme l'Autriche, la Croatie et l'Italie n'ont fourni aucun plan de gestion.

¹ Pour sa part, la France a mis en place depuis 2006 un Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs qui sera rediscuté lors du débat public national en décembre.

Royaume-Uni : des acteurs politiques réticents



La gestion des déchets radioactifs au Royaume-Uni un des contrastes les plus frappants. La gestion, y compris l'élimination des déchets de faible activité, se poursuit sans heurts, tandis que celle des déchets de moyenne et haute activité n'a pas progressé au-delà de la phase d'entreposage.

Selon le dernier inventaire des déchets de la NDA (autorité de déclassement nucléaire) (2016), le volume total prévu pour 2025 était de 4,77 millions de mètres cubes. Plus de 90% de ces déchets sont de faible activité et de très faible activité (2,72 millions et 1,6 million de mètres cubes respectivement). Le reste est constitué de déchets de moyenne activité (près de 450 000 mètres cubes) et d'une très petite quantité (1 500 mètres cubes ou 0,03%) de déchets de haute activité.

Dans le passé, la quasi-totalité des déchets de faible activité (y compris les TFA) ont été déposés dans le site de Drigg, en Cumbrie. Toutefois, comme celui-ci commençait à se remplir rapidement, il a été décidé que ces déchets pourraient être évacués avec les déchets municipaux, commerciaux ou industriels dans des décharges déterminées. Aujourd'hui, environ 85% des DFA - en particulier des débris de construction provenant du démantèlement - sont



éliminés dans des installations telles que celles de Clifton March dans le Lancashire et celle d'East Northants à Kings Cliff. Outre le réacteur LLWR situé près de Drigg, il existe depuis 2015 une installation de stockage de déchets de faible activité sur le site de Dounreay à Caithness. Elle concerne les déchets du démantèlement de Dounreay et du site nucléaire voisin de Vulcan.

Il n'existe pas encore de voie d'élimination au Royaume-Uni pour les déchets de moyenne activité et les déchets de haut niveau. Les déchets ILW sont stockés de différentes manières sur plusieurs sites nucléaires du Royaume-Uni - dans des réservoirs, des chambres fortes, des silos et des fûts - nombre d'entre eux se trouvant à Sellafield, dans le comté de Cumbria.

Les déchets de haute activité - essentiellement issus du retraitement - sont également stockés à Sellafield pour la plupart sous forme vitrifiée dans des bidons situés dans

un magasin spécialement conçu pour le refroidissement par air.

La principale question en suspens est de trouver un site pour un référentiel de déchets ILW et HLW. Les communautés ont été invitées à se porter volontaires pour accueillir une installation de stockage géologique. La responsabilité du processus de sélection d'un site basé sur un consentement incombe à Radioactive Waste Management Limited (une filiale de la NDA). On espère qu'une installation sera prête à accepter les déchets d'ici 15 à 20 ans - mais cela pourrait être optimiste compte tenu du bilan du Royaume-Uni en matière d'élimination de ses déchets et de la réticence manifeste de nombreux responsables politiques à soutenir un tel projet.

Derek Taylor

Professeur honoraire en géo-énergie,
Université de Nottingham, Royaume-Uni

Démantèlement, gestion des déchets nucléaires L'Allemagne a besoin de coopération

Aujourd'hui, l'Allemagne construit un centre de stockage sur le site de l'ancienne mine de Konrad pour accueillir 303 000 m³ de déchets issus de l'exploitation et du démantèlement des centrales, dégageant très peu de chaleur. Sa mise en service est prévue à l'horizon 2022, une date qui correspond à la fermeture définitive de la dernière centrale nucléaire allemande.

Mais c'est le stockage final des 30 000 m² de déchets exothermiques (dégageant beaucoup de chaleur) qui fait débat, et ce depuis plus de 30 ans ! Après l'interruption en 2014 du projet sur le site de Gorleben, et l'arrêt du stockage dans le sel sur les sites de Morsleben et de Asse en Basse Saxe (1) suite à des fuites d'eau contaminée, l'Allemagne relance aujourd'hui le processus de recherche d'un site pour le stockage de déchets de haute activité et à vie longue (combustibles irradiés, déchets vitrifiés de retraitement...).



Dotée de moyens et d'un cadre législatif, et d'un guide de sûreté sur les critères techniques, une nouvelle agence, BGE, doit engager le processus dans la transparence totale. Différentes formations-hôtes doivent être étudiées tel que le granite, le sel, ou bien encore l'argile, l'un des enjeux étant de créer un stockage à la fois profond et réversible pendant environ 500 ans, ce qui

laisserait aux générations futures la possibilité de changer de stratégie.

BGE s'intéresse à l'expérience de l'agence française dans l'élaboration du projet CIGEO et notamment son processus par étapes, ainsi qu'à ses connaissances scientifiques et industrielles concernant le stockage dans l'argile.

La coopération entre la France et l'Allemagne doit se renforcer pour que le dialogue autour d'un projet durable puisse se développer et la responsabilité de la décision ne soit pas encore reportée, au risque qu'il ne voit pas le jour.

C.F.H.

(1) L'ancienne mine de sel d'Asse a été exploitée de 1967 à 1978 comme stockage expérimental, pour le stockage des déchets radioactifs en couche géologique profonde. Environ 126 000 colis de faible et moyenne activité y ont été stockés.

L'inventaire national : un outil de transparence qui alimente le débat public

Tous les trois ans, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) réalise et publie l'inventaire national des matières et des déchets radioactifs conformément aux missions confiées par le législateur. Sur la base des déclarations faites par les détenteurs de matières et déchets radioactifs, l'Andra collecte et rassemble les données, effectue des contrôles de cohérence, analyse la filière déclarée de gestion des déchets et échange avec les déclarants avant de synthétiser les données dans un document unique rendu public. Selon la dernière édition, on recense 1 540 000 m³ de déchets radioactifs produits en France à fin décembre 2016, contre 1 460 000 m³ à fin décembre 2013. L'augmentation de volume, conforme aux prévisions des éditions antérieures, correspond à la production courante des différents secteurs qui utilisent la radioactivité. C'est un outil précieux pour le pilotage de la politique publique de gestion des matières et déchets radioactifs dans la mesure où l'inventaire national présente les quantités prévisionnelles de matières et déchets radioactifs selon plusieurs scénarios prospectifs : le non renouvellement de la production électronucléaire et trois scénarios de poursuite de la production électronucléaire avec des hypothèses différentes sur la durée de fonctionnement des réacteurs actuels et des options différentes en matière de technologies pour les futurs réacteurs (EPR ou RNR). Cet exercice permet d'évaluer l'impact des différents scénarios sur la quantité et sur la nature des déchets à stocker. La publication de cet inventaire, à quelques semaines du débat public sur le Plan National pour la gestion des Matières et des Déchets Radioactifs (PNGMDR) 2019 - 2021, constitue un outil de transparence utile pour les citoyens et éclairer les enjeux qui pourront être abordés durant ce débat.

Se reposer les bonnes questions

Pour les déchets de très faible activité (TFA),



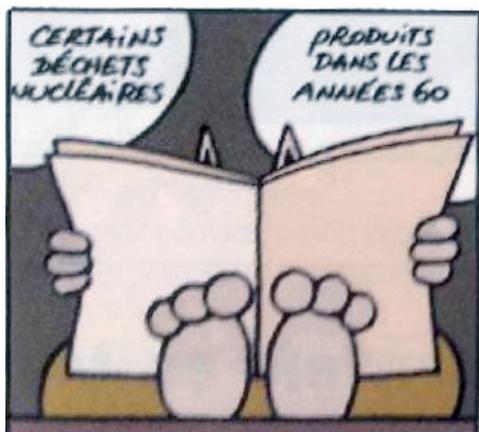
le système actuel, pertinent dans un contexte d'exploitation du parc, mérite d'être questionné pour s'adapter aux volumes prévisionnels liés au démantèlement des installations, et rechercher un optimum non pas radiologique mais environnemental. En effet, les capacités de stockage des déchets TFA sont limitées (y compris dans la perspective de la création d'un 2^e centre) alors même qu'une part notable de déchets reçus ne présente pas ou très peu de trace de radioactivité. Les futures opérations de démantèlement doivent donc nous conduire à nous poser les bonnes questions pour sous l'angle de l'évaluation environnementale globale : acceptons-nous que des déchets sans enjeu radiologique soient transportés depuis toute la France sur des centaines de kilomètres pour être stockés dans nos installations ? Selon les déchets, un stockage in situ est-il possible et compatible avec les exigences de sûreté, ou encore une solution de recyclage peut-elle être envisagée et avec quels niveaux d'exigences ? Pour les déchets de faible et moyenne activité à vie longue (FA-VL), ceux-ci ne présentent pas un niveau de dangerosité élevé mais, et c'est bien là toute la difficulté, ils ont une durée de vie longue : pas suffisamment dangereux pour justifier d'être stockés en couche géologique mais ayant une vie trop longue pour être gérés dans les centres de surface actuels. Le débat public pourrait notamment permettre d'ouvrir la discussion sur le niveau des exigences de sûreté passive à très long terme que nous voulons appliquer à cette catégorie de déchets avec une nécessaire cohérence avec les substances semblables.

Assumer nos responsabilités

Enfin, pour les déchets les plus dangereux, les déchets de Haute activité (HA) et les déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL), l'enjeu est différent. Pour un projet tel que Cigéo, il est nécessaire de revisiter régulièrement les arguments qui ont conduit au choix du stockage en couche géologique profonde, en intégrant les évolutions de contexte. Ce choix de 2006 apparaissait comme la seule option technique à même de garantir la sûreté passive sur le très long terme, mais il était également un choix éthique et politique, celui de la géologie garant de la sûreté plutôt que celui de la société qui ferait confiance aux générations ultérieures pour traiter ce problème. Le contexte actuel, où l'avenir du nucléaire est contesté et plus incertain, conforte ce choix prudent. Il serait illusoire voire hasardeux de croire que la recherche d'une option alternative puisse être soutenue pour s'attacher à traiter un sujet du passé - les déchets - dans une filière qui n'aurait peut-être plus d'avenir. C'est en cela que, en dépit des positions des uns et des autres sur l'avenir de la filière, il est de notre responsabilité d'engager aujourd'hui la construction de Cigéo pour que les générations futures ne soient pas laissées démunies face à ces déchets, sans toutefois les enfermer dans les choix que nous faisons. C'est tout l'esprit de la loi de 2016 sur la réversibilité qui assure l'articulation entre politique énergétique et évolutions d'inventaire mais aussi, plus généralement, qui invite au questionnement collectif régulier sur un projet incrémental tel que Cigéo.

Pierre-Marie Abadie

Directeur général de l'Andra



Les entreprises belges ont les compétences pour déclasser les installations nucléaires industrielles

Cette année a vu la fin des travaux de démantèlement de la première installation nucléaire industrielle belge. Le démantèlement de l'usine de fabrication de combustible MOX à Belgonucleaire à Dessel (Belgique) s'est achevé en respectant les dernières évolutions réglementaires imposées par l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire et de l'Office national des déchets nucléaires et des matières fissiles. L'installation a été fermée en 2006, après 20 ans de production industrielle pour alimenter des réacteurs principalement belges et européens. Après une évaluation minutieuse du démantèlement de cette installation complexe, Belgonucleaire a mis en place une organisation de projets dédiée et intégrée en mobilisant les meilleures compétences pour chaque fonction. En tant que propriétaire responsable, le groupe a pris en charge les postes clés, notamment pour la sûreté nucléaire et la gestion des déchets. Les fonctions opérationnelles ont été confiées à des experts de Tractebel, SCK·CEN et Tecnubel. En ce qui concerne l'approche contractuelle, une formule à prix coûtant et bonus a été privilégiée par rapport au forfait. Les critères d'attribution de bonus étaient liés à la sûreté nucléaire, à l'efficacité et à la production de déchets radioactifs. Cette méthode s'est avérée bénéfique pour le maître d'ouvrage et pour les contractants. Ces derniers ont réduit leurs risques et ont pu bénéficier de bonus en cas de bonnes performances.

Démantèlement réussi de l'usine de MOX de Belgonucleaire

En 2009, après l'octroi de l'autorisation de déclassement, les contrats ont été exécutés et les travaux ont commencé après la formation et la qualification des opérateurs, ainsi que des techniques nécessaires. L'équipe intégrée comprenait 120 personnes, dont des opérateurs allemands qualifiés lors du démantèlement de l'usine MOX de Hanau. 80% de la main d'œuvre était locale. Les déchets radioactifs ont été transférés de manière continue à l'Office national des déchets nucléaires et des matières fissiles, aux fins de traitement, conditionnement et stockage. Il s'agissait d'environ 300 m³ de déchets contaminés alpha et 80 m³ d'autres déchets radioactifs. Environ 1 200 tonnes de déchets suspects ont été soit recyclées par fusion, soit libérées après caractérisation

radiologique. Belgonucleaire et son principal contractant, Tecnubel, sont très fiers du bilan de sécurité exceptionnel de ce projet de démantèlement : aucun accident avec perte de temps de travail n'a eu lieu pendant les 9 ans du projet et la dose individuelle maximale n'a pas dépassé 8 mSv/an. La préparation, la formation et la qualification approfondies des travailleurs - qui ont nécessité plusieurs mois - ainsi que la passation de contrats avec des incitants en matière de sécurité et la préparation détaillée des travaux - constituent sans nul doute des éléments clés de cet excellent résultat. Ce projet peut être considéré comme le premier projet de démantèlement nucléaire de taille industrielle en Belgique. Il s'est terminé sur un succès, notamment grâce aux compétences des experts du SCK·CEN et de Tractebel, et à l'engagement des opérateurs de Tecnubel. Leur participation à ce projet a également renforcé leurs compétences et expérience en matière de planification, de préparation et d'exécution de projets de démantèlement et de décontamination.

L'émergence d'un marché du démantèlement en Europe

En Allemagne, la plupart des réacteurs nucléaires sont fermés en raison de la politique « Energiewende » et plusieurs autres pays, comme la Belgique, ont adopté des lois de phase-out du nucléaire. Tous les électriciens ont la même volonté de déclasser et de démanteler leurs centrales de manière aussi efficace que possible, en toute sécurité et en minimisant les volumes et les coûts des déchets radioactifs. Les filiales d'ENGIE ayant participé au projet ont acquis des retours d'expérience leur permettant de se positionner sur le segment du marché de la Recherche et Développement, et de relever les défis de démantèlement futur des centrales nucléaires d'ENGIE en Belgique.



Jean van Vliet, CEO de Belgonucleaire
Guido Mulier, Directeur Général de Tecnubel

Le projet Cigéo en France, mené par l'Andra, consiste à stocker les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue en couche géologique profonde, à la limite des départements de la Meuse et de la Haute-Marne, afin de protéger l'homme et l'environnement de leur dangerosité sur le très long terme. Le Parlement français a retenu le principe du stockage en couche géologique profonde, il y a plus de dix ans, comme la solution la plus sûre pour ces déchets. Ce choix, la France n'est pas la seule à l'avoir fait : c'est l'option retenue au niveau européen et même international. Le projet Cigéo est le résultat de plus de 25 ans de recherches régulièrement évaluées, de trois lois votées en 1991, 2006 et 2016 et de deux débats publics organisés en 2005 et 2013. L'Andra prévoit de déposer une demande de déclaration d'utilité publique début 2019 et un dossier de demande d'autorisation de création fin 2019/début 2020.



Belgique. Qu'est-ce qu'on attend ?

La Belgique est parmi les pionniers de la recherche sur le stockage en couches géologiques profondes des déchets nucléaires de moyenne et de haute activité. Cette tâche confiée conjointement à l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (ONDRAF) et au Centre d'étude de l'énergie nucléaire (CEN) n'a pas encore débouché sur le choix d'un site pour le stockage géologique des déchets radioactifs. Malgré les études avancées menées sur le site de Mol/Dessel, le choix définitif n'interviendra que fort tardivement au terme d'un processus participatif de la population concernée. Même si la transparence est de rigueur pour des projets portant sur des périodes très longues, la date d'obtention d'une autorisation d'exploiter un tel site est incertaine et ne conduit pas à augmenter la crédibilité du nucléaire.

Aujourd'hui le stockage des déchets de moyenne activité n'est pas envisageable avant 2070 et 2110 pour les déchets de haute activité. Ce report dans le temps ne constitue pas un signal positif pour les activités nucléaires en Belgique et la constitution des provisions. Les provisions nucléaires restent un sujet sensible dans de nombreux pays pour les producteurs de déchets et singulièrement pour les exploitants de centrales nucléaires. Ce report met à mal les choix techniques à opérer, les coûts qui y sont liés et pose un choix éthique en laissant aux générations futures les conséquences de nos choix techniques d'aujourd'hui.

Le futur pourrait être celui de sites partagés par plusieurs pays : mais cela constitue une nouvelle page d'histoire encore à écrire...

Robert Leclere

Président du Forum Nucléaire belge



Le traitement-recyclage des combustibles usés : un atout opérationnel

Grâce à l'énergie nucléaire et aux énergies renouvelables, plus de 50% de l'électricité produite dans l'Union européenne est décarbonée. Cet atout lui permet de se projeter avec ambition vers une économie sobre en carbone. Sur le long terme, le nucléaire est une clé importante de la politique énergétique européenne en contribuant à la sécurité des approvisionnements et à la stabilité des coûts de l'électricité, facteur de compétitivité. Le stockage des déchets nucléaires, étape fondamentale, définit à présent ses modalités et peut déjà compter sur l'apport du traitement-recyclage des combustibles usés pour garantir un confinement stable et optimisé sur le très long terme.



La gestion optimisée des combustibles nucléaires usés, un impératif réaliste

Pour tous les Etats membres, quelle que soit l'importance de leur programme électronucléaire ou de leurs installations de recherche nucléaire, la mise en œuvre à l'échelle nationale de solutions responsables pour la gestion des combustibles nucléaires usés est un impératif. Depuis 2011, à l'initiative de la Commission, les politiques nationales de gestion des combustibles usés et des déchets font l'objet d'un cadre européen : la directive 2011/70/Euratom impose que chaque Etat membre mette en place un programme détaillé jusqu'à l'étape finale : la mise en stockage géologique profond des déchets de haute activité, reconnue mondialement comme la solution responsable de référence. Ces programmes nationaux sont toutefois à des niveaux de maturité

différents et la disponibilité de sites de stockage à moyen terme restera limitée à quelques Etats-membres, et demeurera une ressource rare. Dans cet esprit, la directive européenne permet le dialogue entre Etats sur la question des centres de stockage partagés, notamment pour les pays dont la flotte nucléaire rendrait trop lourd un investissement isolé.

Industriels et pouvoirs publics travaillent de concert au développement d'une gestion des déchets durable - sans impact sur les populations et l'environnement sur le très long terme - et transparente, en concertation avec les communautés. Cela revient à préparer et mettre en œuvre le stockage responsable d'une large diversité de matières à forte radioactivité en optimisant les volumes, la radiotoxicité, et les espaces de stockage.

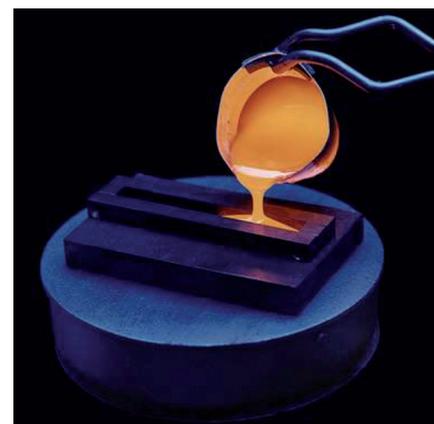
Les atouts du traitement-recyclage des combustibles usés

Réduire la toxicité et le volume des déchets, faciliter l'entreposage de long-terme de déchets finaux stabilisés, standardiser les approches en vue de solutions partagées sont les atouts de cette technologie. Depuis 1967, le traitement-recyclage participe d'une démarche responsable de gestion des déchets : ce procédé sépare les matières valorisables pour réutilisation dans un nouveau combustible. Il conduit à la réduction par cinq du volume et par dix de la toxicité des déchets de haute et moyenne activité en comparaison avec le stockage direct des combustibles usés qui ne sont pas ici considérés comme des déchets. La plateforme de recyclage constituée des usines de La Hague et Melox est un des fondements de l'approche française tout en bénéficiant à d'autres pays européens comme l'Allemagne, la Suisse, l'Italie, l'Espagne, la Belgique et les Pays-Bas.

La vitrification, clé du dispositif

D'un très faible volume, les déchets ultimes, en particulier les déchets de haute activité (HA), sont confinés dans une matrice de verre constituant une référence mondiale reconnue, certifiée par 9 autorités de sûreté, et entreposés en toute sûreté sur une période de long terme en attendant leur mise en stockage final. De plus, sans matière fissile ni risque de prolifération, ces colis permettent un entreposage de long terme et des opérations de transports considérablement facilités et, par extension, le déploiement serein des infrastructures de stockage.

Les Pays-Bas ont opté pour le traitement-recyclage, illustrant les bénéfices de cette approche. Environ 25 000 unités de colis



La vitrification, une innovation française mise en service en 1978

vitrifiés ont confiné les produits de fission issus d'une activité industrielle ininterrompue et sûre de traitement d'environ 35 000 tonnes de combustibles usés à l'usine de La Hague. Par ailleurs, le processus conduisant au recyclage de matière, permet une économie circulaire jusqu'à 25% de matière, tout en renforçant la sécurité des approvisionnements grâce au stock de ressources ainsi constitué. Le procédé a continuellement progressé grâce aux efforts conjugués d'Orano et du CEA, en témoigne l'excellence opérationnelle de l'usine de La Hague³ ou l'innovation du creuset froid. Ce dernier permet d'élargir la gamme des combustibles traités à une cadence industrielle, tout en réduisant le volume des déchets secondaires. Le CEA et Orano travaillent également à de nouveaux procédés comme Dem'n'Melt qui permettra la vitrification sur site de déchets issus d'opérations de démantèlement, permettant ainsi d'élargir le champ des colis de déchets standards.

En réduisant les risques pour les populations et l'environnement, ainsi que les incertitudes industrielles et financières quel que soit le calendrier de déploiement des centres de stockage des déchets ultimes, les actifs existants de traitement-recyclage de combustibles usés offrent une solution disponible pour la gestion responsable des combustibles usés et des déchets nucléaires. Ils peuvent aussi faciliter l'émergence de solutions de stockage partagées pour lesquelles l'appui de la Commission européenne sera nécessaire.

Les Entretiens Européens se joindront aux organisations environnementales, engagées dans la lutte contre le changement climatique et à la manifestation de soutien à l'énergie nucléaire, afin que celle-ci puisse jouer pleinement son rôle pour réduire les émissions de CO2.

Rendez-vous à Munich le 21 octobre 2018.



Nathalie Allimann
Directrice des ventes de l'aval du cycle, ORANO



³ Le site de La Hague s'est vu décerner par le Japan Institute of Plant Maintenance le prix « Excellence TPM - Catégorie A ». Reconnu internationalement, ce prix distingue les entreprises engagées dans une démarche de performance industrielle appelée Total Productive Management (TPM)

La gestion des déchets radioactifs en Finlande

En Finlande, les déchets nucléaires sont accumulés dans les centrales nucléaires à Loviisa et Olkiluoto et dans le réacteur de recherche situé dans Otaniemi. Selon la loi, ces déchets doivent être gérés en Finlande, jusqu'à leur stockage définitif, l'acte sur l'énergie nucléaire de 1994 interdisant l'importation et l'exportation de combustible nucléaire irradié. La responsabilité de la préparation, du financement et de la bonne exécution de la gestion des déchets nucléaires incombe aux exploitants des installations nucléaires, producteurs de déchets. L'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection supervise la sécurité de leur gestion. Les fonds nécessaires au stockage définitif sont collectés auprès des exploitants de la centrale pendant la durée de vie de la centrale, de manière à ce qu'ils soient suffisants à tout moment pour le stockage final du combustible nucléaire irradié, ainsi que pour le démantèlement des centrales nucléaires. Actuellement, le fonds dépasse 2,5 milliards d'euros.

Des solutions adaptées selon les types de déchets

À l'échelle mondiale, le stockage final des déchets de faible et moyenne activité générés par les centrales nucléaires est en cours dans plus de 80 installations. En Finlande, ces déchets sont stockés sur les sites des centrales d'Olkiluoto depuis 1992 et une installation similaire a été mise en service à Loviisa en 1998. Les deux entreprises envisagent de se débarrasser de la même manière des déchets faiblement et moyennement radioactifs résultant du démantèlement des centrales nucléaires en agrandissant les installations existantes. Le stockage final du combustible nucléaire irradié ou des autres déchets de haute activité n'a pas encore cours en Finlande, ni ailleurs dans le monde. Dans l'attente du stockage final, ils sont stockés dans des bassins d'eau situés sur les sites des centrales nucléaires. La Finlande a un programme de recherche-développement à long terme visant à mettre en œuvre le stockage définitif des déchets nucléaires. Le calendrier de préparation du combustible nucléaire irradié en vue de son stockage, a été défini par une décision gouvernementale en 1983 et les travaux avancent comme prévu. Posiva a soumis une demande de permis de construire auprès du ministère des Affaires économiques et de l'Emploi fin 2012. Celle-ci a été accordée fin de 2015. La construction du centre de stockage est en cours et sa mise en service est attendue en 2020.



Installation d'encapsulation et d'élimination

Pour le stockage du combustible usé, une installation d'encapsulation en surface et une autre pour l'élimination souterraine sont nécessaires. Dans les installations d'encapsulation en surface, le combustible nucléaire entreposé pendant 30 à 50 ans est reçu, séché et emballé dans des conteneurs pour un stockage définitif. L'installation de stockage comprend des installations pour l'élimination des colis de déchets (dépôt) et des installations auxiliaires souterraines et aériennes connexes. Ces installations d'encapsulation (en surface) et d'évacuation (en sous-sol) sont reliées entre elles par une gaine d'ascenseur et une gaine de transfert des cartouches

ainsi qu'un tunnel d'accès séparé. Dans le traitement des déchets nucléaires, on utilise principalement du matériel télécommandé. Le centre de stockage consiste en un tunnel d'accès d'une profondeur d'environ 450 mètres, des installations techniques situées à une profondeur de 437 mètres, ainsi que des tunnels centraux et des tunnels de stockage à construire en plusieurs phases lors de l'utilisation de l'installation. Depuis 2004, Posiva a construit un centre de recherche souterrain, appelé Onkalo, dont les locaux sont conçus pour fonctionner dans le cadre du centre de stockage. Le système d'entreposage se compose d'un conteneur de fer-cuivre étroitement scellé, d'un tampon de bentonite enfermant le conteneur, d'un matériau de remblayage de tunnel en argile expansive, des structures d'étanchéité pour tunnels et des locaux fermés par un rocher.

Tuomo Huttunen

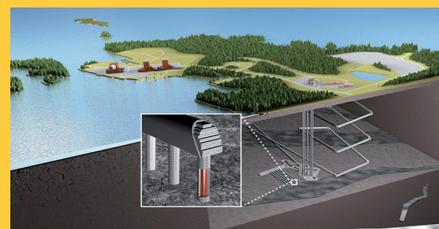
Senior Advisor, FINNISH ENERGY



Source : L'énergie finlandaise, Autorité des radiations et de la sûreté nucléaire STUK, Posiva,

Onkalo fait consensus

En novembre 2016, l'Autorité de Sûreté finlandaise, a autorisé la construction d'un centre de stockage profond pour les combustibles nucléaires usés à Onkalo. Posiva, l'agence équivalente de l'Andra en Finlande, est chargée de cette réalisation. Les travaux d'excavation ont commencé en décembre 2016, l'exploitation d'Onkalo, qui démarrera d'ici 2023, devrait se poursuivre pendant une centaine d'années. Il est situé à proximité de la centrale nucléaire d'Olkiluoto et de son réacteur EPR en construction, à 300 km au nord-ouest de Helsinki. Onkalo sera construit à 400 m de profondeur avec un réseau de galeries percées dans le granit. On y stockera 9 000 tonnes de combustible nucléaire usé, provenant des quatre réacteurs existants et des réacteurs en projet. La Finlande y stockera directement ses combustibles usés sans retraitement. Le Parlement finlandais a pris sa décision à l'issue d'un débat public qui lui a valu un consensus politique et économique remarquable. Le projet prévoit deux installations, une usine de conditionnement du combustible usé en surface et un stockage souterrain,



constitué d'un réseau de galeries construites au fur et à mesure des besoins. Les galeries conduisent à des puits d'une dizaine de mètres de profondeur où seront placés les colis. Le granit étant une roche cristalline, il faut prévenir les risques de fracturations et d'infiltration d'eau. Les déchets seront placés dans de grands conteneurs en acier de conception suédoise qui seront ensuite recouverts d'une épaisse couche de cuivre, avant d'être entourées d'une coque d'argile gonflante et imperméable, la bentonite. Ce seront ces colis qui empêcheront en dernier ressort le relâchement, puis la migration de atomes radioactifs dans l'environnement.

Source : CIGEO Mag

ROSATOM plaide pour la coopération internationale

La vision du futur mix énergétique en tant que duo nucléaire-énergies renouvelables est aujourd'hui partagée par de nombreux décideurs et environnementalistes d'Europe et du monde entier. Mais la question du combustible nucléaire irradié et celle des déchets radioactifs sont encore perçues comme la principale problématique associée à l'usage de l'énergie nucléaire. Pourtant, la disponibilité de solutions à l'échelle industrielle, notamment les réacteurs à neutrons rapides en exploitation, nous permet aujourd'hui de réintroduire la majeure partie des matières de fission dans le cycle du combustible nucléaire (NFC), ainsi que d'assurer un conditionnement sûr et un stockage à long terme pour les déchets ultimes.

Renforcer la coopération internationale

Les professionnels du secteur reconnaissent toutefois que la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs demeure des enjeux complexes. Le principal problème sous-jacent n'est pas un défi technique, mais un problème d'organisation. Dans ces domaines, nous sommes encore loin d'avoir une vision complète et partagée et nous manquons probablement du niveau de coopération internationale nécessaire pour relever les défis de manière viable sur les plans environnemental, social et commercial. En fait, tous les pays dotés de centrales nucléaires n'exigent pas nécessairement une usine de retraitement, une usine de production de combustible à oxyde mixte (MOX) ou un réacteur à neutrons rapides. Les problèmes respectifs peuvent être résolus par les efforts conjoints des pays ayant développé l'infrastructure NFC. Si elles étaient regroupées, les installations NFC du monde entier pourraient brûler la majeure partie du matériau accumulé, par exemple l'uranium et le plutonium retraités, et vitrifier en toute sécurité les résidus. En outre, cela pourrait également jeter les bases d'une amélioration de la non-prolifération.

Des expérimentations innovantes

A ROSATOM, nous pensons que la fermeture de la chaîne du combustible nucléaire constitue la prochaine étape du développement de l'industrie nucléaire mondiale, et probablement l'un des domaines inexplorés par les partenariats mondiaux. Nous nous efforçons de développer en permanence la base technologique afin de fournir une solution pratique à la fermeture du NFC, et nous considérons que les réacteurs à neutrons rapides en sont la pierre angulaire. La Russie est le seul pays qui exploite commercialement deux réacteurs rapides de grande capacité à la centrale nucléaire de Beloyarsk. Dans cette centrale, les



réacteurs BN-600 et BN-800 peuvent être alimentés avec du dioxyde d'uranium hautement enrichi ou avec un combustible MOX constitué de plutonium mélangé à de l'uranium. Le réacteur BN-800 d'une capacité de 885 MW utilise du combustible MOX depuis sa mise en service en 2016. Un autre élément clé des activités de fermeture du NFC en Russie est l'infrastructure de retraitement, comprenant le combinat minier et chimique (MCC) à Zheleznogorsk. L'installation a connu une évolution importante au cours des dix dernières années. Le MCC a récemment été équipé d'une nouvelle installation de stockage de fibres discontinues sèches, qui présente de nombreux avantages par rapport au stockage mouillé. Il a également été agrandi avec le centre de démonstration pilote (phase 1) pour le traitement des fibres non ligneuses. En outre, la Russie poursuit les essais sur le combustible REMIX, qui peut être retraité à plusieurs reprises et peut augmenter considérablement l'efficacité de

l'utilisation de l'uranium dans les réacteurs à eau légère et réduire les stocks de matières fissiles.

Développer la recherche commune

Enfin, les activités de fermeture du NFC en Russie sont renforcées par les projets de R&D en cours, tel que le réacteur de neutrons rapides polyvalent le plus puissant au monde (MBIR), capable de tester le réfrigérant au plomb, au bismuth et au gaz et de fonctionner au combustible MOX. La coopération internationale entre les principaux acteurs du secteur dans le cadre de projets de R&D comme le MBIR contribuera grandement à l'avenir durable du NFC. Les missions visant à fermer un cycle de combustible et à développer les technologies de combustion des actinides mineurs ne doivent pas appartenir à un pays en particulier, mais devenir un objectif commun. Restant attrayante sur le plan commercial, la fermeture du NFC pourrait devenir une nouvelle initiative mondiale de l'industrie de l'énergie nucléaire qui la rendrait indéniablement durable.

Andrey Rozhdestvin

Directeur, Rosatom
Western Europe



Une approche à deux voies pour les programmes de back-end nationaux ¹

En 2014, les centrales nucléaires ont produit 250 000 tonnes de combustibles usés, dont 36 000 tonnes par plus de la moitié des pays ayant des petits programmes nucléaires. Les déchets radioactifs de haute activité (HAWL) nécessiteront un stockage dans un dépôt géologique et sur la longue période dans le pays producteur. En effet, en vertu de la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs, les parties contractantes ont convenu que le pays qui bénéficie des avantages de l'énergie nucléaire et produit le combustible usé, est responsable de sa gestion.

Un programme national de « back-end » basé sur une approche à deux voies

- Quelques pays comme la Finlande, la Suède et la France poursuivent un programme pour la fermeture d'un dépôt géologique. D'autres pays ont une « approche à double voie » : un programme visant à développer une piste nationale d'une part, et la participation à la réflexion pour une piste multinationale avec des solutions

partagées d'autre part. La question clé pour chaque pays est de savoir comment procéder, au regard des conditions géologiques, financières et d'acceptabilité sociale à réunir, qui plaident pour qu'un certain nombre de pays travaillent ensemble au développement d'une option multinationale.

Un encouragement à la coopération et au renforcement des programmes nationaux

- L'approche à deux voies n'est pas une approche attentiste. Elle n'exonère pas les pays d'élaborer leur programme national et la coopération croissante entre un groupe de pays intéressés pour trouver des solutions partagées renforcera la capacité et la crédibilité de son programme final.



IFNEC - The International Framework
For Nuclear Energy Cooperation

¹ Pour en savoir plus : https://www.ifnec.org/ifnec/jcms/g_10234/2016-ifnec-practical-considerations-to-begin-resolving-the-final-spent-fuel-disposal-pathway-for-countries-with-small-nuclear-programs

Le rôle d'une Autorité de sûreté.

Le cas de la Slovaquie



L'Autorité de Réglementation Nucléaire de la République Slovaque (NRA SR) est une autorité en matière de réglementation nucléaire, directement responsable devant le gouvernement et le parlement. Pour le compte de l'Etat, l'autorité supervise d'abord la sûreté des installations nucléaires, dont la gestion du combustible usé, des déchets radioactifs et d'autres étapes du cycle du combustible ; ensuite les matériaux nucléaires, dont leur inspection et leur enregistrement ; enfin la protection physique des installations et des matériaux nucléaires appartenant aux titulaires de licence concernés. La stratégie nationale de la gestion des déchets radioactifs est définie par le programme national de gestion du combustible usé et des déchets radioactifs.

Le plan national de gestion

Ce programme présente entre autres les caractéristiques suivantes : la réduction des déchets nucléaires ; l'utilisation maximale des technologies pour leur traitement et leur conditionnement (site de Jaslovské Bohunice) ; l'installation pour le traitement final et le conditionnement des déchets nucléaires liquides (site de Mochovce). La cimentation, la bituminisation et la solidification dans une matrice SIAL (géopolymère) et l'incinération sont les méthodes de base pour la solidification des déchets radioactifs liquides, des boues radioactives et des résines échangeuses d'ions usées sous une forme permettant leur entreposage final. Le volume de déchets radioactifs solides est réduit grâce à des mesures de compactage, d'incinération et de prévention. Les déchets liquides ou solides traités sont placés dans des conteneurs en fibre de béton recouverts d'une étanchéité active. Ces conteneurs conviennent au transport et au stockage, ainsi qu'à la mise au rebut dans le dépôt national des déchets radioactifs.

Il existe également une technologie de vitrification pour le traitement des déchets, dont ceux de niveau intermédiaire à haute teneur en transurium (déchets radioactifs liquides spécifiques issus du stockage du combustible usé de la NPP A1). Les déchets radioactifs de très faible niveau sont entreposés sur le site de Mochovce dans le centre de stockage national. La technologie disponible (compactage haute pression, cimentation, etc.) est utilisée pour le traitement et le conditionnement des déchets métalliques de faible activité. Ceux-ci sont traités par fragmentation et décontamination, suivis par la

libération de matières décontaminées dans l'environnement. Un établissement pour la fusion des déchets métalliques est actuellement en construction. Les matières contaminées par des substances radioactives satisfaisant aux critères de rejet dans l'environnement (en particulier les matériaux de construction) sont séparées et traitées avant d'être rejetées (par broyage) pour une utilisation ultérieure. Les déchets conditionnés provenant de l'exploitation et du déclasserement de la centrale nucléaire, et répondant aux critères d'acceptation, sont stockés dans le centre national du site de Mochovce jusqu'à leur traitement, conditionnement et élimination définitive. Les déchets qui ne répondent pas aux critères du dépôt national sont stockés à long terme sur le site des centrales nucléaires. L'installation de stockage intégral est construite sur le site de Jaslovské Bohunice pour les déchets qui ne peuvent pas être stockés dans le centre national. Les déchets qui ne répondent pas aux critères de stockage en subsurface seront stockés en profondeur.



Les transports des déchets sont réalisés exclusivement avec des moyens de transport approuvés. Les coûts de transport et de gestion des déchets provenant d'installations nucléaires déclassées, ainsi que les coûts d'expédition et de gestion du combustible usé provenant des centrales nucléaires déclassées, sont couverts par le Fonds nucléaire national et du Bohunice International Decommissioning Support Fund. Les coûts d'expédition et de gestion des déchets nucléaires et de combustible usé provenant de la centrale nucléaire en exploitation sont couverts par les producteurs de déchets.

Conformément à la législation

Les exigences législatives et les procédures pour la conception et la construction des installations de gestion des déchets radioactifs sont définies par la loi (loi sur la construction N°50/1976 Coll et la loi atomique N°541/2004 Coll.), et par des décrets pertinents de l'organisme de réglementation.

L'autorisation pour la mise en service de l'installation nucléaire et son exploitation est délivrée par le régulateur conformément à la loi atomique. L'organisme de réglementation approuve le fonctionnement après évaluation de la mise en service de l'installation nucléaire. Après une évaluation positive de la période d'essai, le régulateur autorise l'opération permanente. Pendant le fonctionnement des installations pour la gestion des déchets radioactifs, le régulateur exécute la réglementation de l'Etat en matière de sûreté nucléaire conformément à la loi atomique. Toutes les installations de gestion des déchets radioactifs mentionnées ci-dessus ont besoin d'une approbation valide du régulateur pour leur fonctionnement en vertu de la législation en vigueur.

Eva Hížová

Inspecteur de la Sûreté nucléaire, WJD

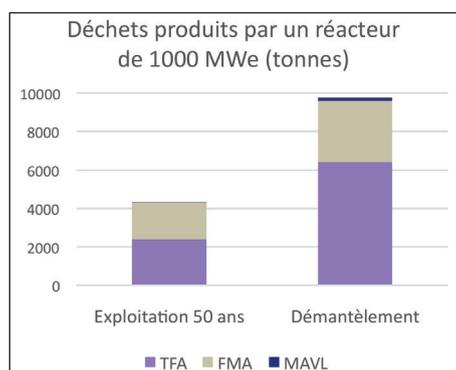
WENRA : aller vers plus de convergence

La Western European Nuclear Regulators' Association (association WENRA) est composée de représentants des autorités de surveillance nucléaire des pays européens de 19 Etats-membres, dont la Suisse. Indépendante, elle est notamment chargée de l'harmonisation de la sûreté des réacteurs nucléaires dans les Etats-membres ; du contrôle de la sûreté nucléaire dans les pays candidats à l'adhésion ; de favoriser les échanges d'expérience sur des questions majeures en matière de sûreté. Le groupe de travail sur les déchets et le déclasserement (WGWD) compare les approches réglementaires nationales avec les normes de sûreté de l'AIEA, et propose une harmonisation des solutions, fondées sur les meilleures pratiques en matière d'installations de traitement de déchets nucléaires. Quel rôle le Wenra joue-t-il pour une transposition plus harmonieuse de la directive adoptée en 2011 ? La Commission reconnaît que la directive n'est correctement transposée par les Etats membres, et que si vingt-cinq programmes ont été écrits et soumis, il existe de nombreux problèmes d'harmonisation. En effet, certains programmes ne tiennent pas compte du type de déchets radioactifs, d'autres ne prennent pas en compte les étapes de la gestion dans le processus, ou ne disent rien sur les coûts et qui va payer. Comment lever les barrières à court terme, aller vers une certaine convergence et aider les Etats à élaborer leurs programmes pour mettre en œuvre les solutions - nationales et/ou multinationales - pour une gestion de leurs déchets nucléaires ?

C.F.H.

La déconstruction : vers une filière européenne du recyclage des déchets ?

En France, 9 réacteurs sont à l'arrêt et en cours de déconstruction et 58 réacteurs de technologie REP sont en fonctionnement, pour une puissance installée de 63 GWe. EDF est responsable de l'exploitation, de la déconstruction et de la gestion des déchets de l'ensemble de ces réacteurs. Le graphe ci-dessous illustre les quantités de déchets produits respectivement pour l'exploitation pendant 50 ans et pour le démantèlement d'un réacteur de 1000 MWe (hors déchets contenus dans le combustible usé).



Les déchets produits par l'exploitation et la déconstruction des réacteurs nucléaires sont essentiellement des déchets à vie courte de très faible (TFA) ou faible à moyenne activité (FMA). A date, les évacuations de déchets d'exploitation sont majoritaires, mais dans les années à venir, avec la croissance attendue des activités de déconstruction, les flux de déchets de démantèlement vont significativement augmenter et globalement, ils représenteront la part majoritaire des déchets produits par EDF. Les déchets de démantèlement du parc en exploitation représentent 400 000 tonnes de déchets TFA, dont 265 000 tonnes de déchets TFA métalliques.

Un principe de précaution unique en Europe

En France, les déchets TFA et FMA disposent de filières opérationnelles de gestion distinctes. Ils sont in fine stockés en surface, pour les TFA au CIRE (Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage) et, pour les FMA au CSA (Centre de Stockage de l'Aube). Ils peuvent aussi faire l'objet d'un traitement par fusion ou par incinération, afin de réduire le volume de déchets ultimes stockés. Le CIRE a été mis en service en 2003 et a une capacité de 650 000 m³. A fin 2017, il est rempli à plus de la moitié, à un rythme supérieur à ce qui avait été prévu. Une grande part des déchets qui y sont stockés ne nécessite aucune mesure de radioprotection : ils sont, pour plus de la moitié, d'activité inférieure à 1 Bq/g (soit en deçà du niveau moyen de radioactivité naturelle). De plus, 30 à 50% d'entre eux

ne sont pas réellement « radioactifs », mais, issus d'une « Zone à Production Potentielle de Déchets Nucléaires ». Or la réglementation Française requiert qu'ils fassent, par précaution, l'objet d'une gestion spécifique, au même titre que les déchets véritablement radioactifs. Au début des années 2000, la France a en effet préféré retenir cette approche « prudentielle » du zonage des installations nucléaires en lieu et place des « seuils de libération » mis en place dans les autres pays européens. En parallèle, le CSA qui a ouvert en 1992, est rempli aujourd'hui au tiers de sa capacité volumique. Ces éléments conduisent à s'interroger sur la gestion des déchets de très faible activité en France au regard des volumes de déchets ultimes qui sont générés. La question de l'utilisation plus systématique du traitement par fusion pour les déchets métalliques est au centre de cette problématique.

Réinterroger le zonage des installations nucléaires

SOCODEI, filiale d'EDF, exploite un four de fusion. Les déchets métalliques éligibles sont triés, mis au gabarit puis fondus dans le four à induction d'une capacité de 4 tonnes. En l'absence de seuils de libération en France, les lingots ainsi obtenus sont ensuite stockés dans les centres de stockage de surface, comme les déchets induits. Au global, la fusion permet un gain de volume des déchets d'un facteur 4 à 6 environ par rapport à un stockage direct. Elle assure également une homogénéisation assurant une caractérisation physico-chimique et radiologique précise des colis expédiés pour stockage. En Suède, une autre filiale d'EDF, Cyclife, exploite également un four de fusion. Le process est similaire à celui de l'installation française, mais à l'issue du traitement, tous les lingots dont les caractéristiques radiologiques sont inférieures aux seuils de libération déclinés de la Directive européenne, sont valorisables dans le domaine conventionnel et revendus à des industriels de la métallurgie. De fait, seuls les déchets issus du laitier sont stockés dans un centre de stockage dédié aux déchets radioactifs. Le facteur de réduction ainsi obtenu est alors proche d'un facteur 20 et des matériaux de valeur peuvent être réutilisés en conformité avec les principes de l'économie circulaire. EDF, mais également d'autres acteurs indépendants (CNE, IRSN, OPECST, mission parlementaire) considèrent que l'approche française par le « zonage des installations nucléaires », mériterait d'être réinterrogée, au vu du retour d'expérience, et au regard de l'augmentation attendue des quantités de déchets TFA, avec la croissance des opérations de déconstruction. En particulier, ce cadre ne permet : ni de valoriser,

dans des conditions de sureté équivalentes, et en particulier en l'absence d'impact sanitaire, les matériaux valorisables, ni d'assurer une consommation sobre et responsable des ressources naturelles que constituent les ressources stockage et des matières premières que constituent les minerais métalliques.

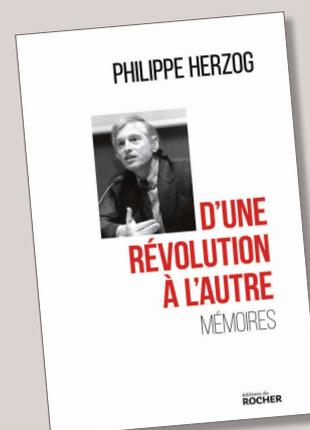
Construire une filière européenne de fusion-valorisation

Une homogénéisation de la réglementation encadrant la gestion des déchets TFA, et en particulier, un cadre réglementaire en France cohérent avec celui des autres pays européens, permettraient le développement d'une filière industrielle de fusion-valorisation à vocation européenne répondant aux besoins des acteurs du nucléaire en France et en Europe, en particulier en Allemagne où près de 300 000 tonnes de déchets métalliques de démantèlement seront produits dans les 20 prochaines années.

Sylvain Granger
Directeur de la DP2D, EDF



Cinquante ans d'histoire politique



Les mémoires d'un des penseurs majeurs de l'Europe

Le renouveau nucléaire au Japon

Sept ans après la catastrophe de Fukushima, le Japon s'apprête à reprendre le chemin du nucléaire. Alors que le précédent gouvernement avait pris l'engagement de mettre à l'arrêt l'ensemble des centrales du pays d'ici à 2039, un plan de relance a été approuvé par le gouvernement de Shinzo Abe avec l'objectif d'atteindre 20 % à 22 % d'origine nucléaire dans l'électricité à l'horizon 2030. Elle était d'environ 30 % avant Fukushima, et de 2 % à fin 2017. Sur les cinquante-quatre réacteurs du pays, seuls neuf produisent actuellement de l'électricité.

Répondre aux besoins... Depuis Fukushima et la mise à l'arrêt du parc nucléaire japonais, le Japon produit massivement son électricité à partir de charbon et de gaz pour répondre aux besoins en électricité de sa population. Il est le premier importateur mondial ainsi de gaz naturel liquéfié,

notamment depuis le Qatar.

... et aux engagements de lutte contre le réchauffement climatique. Alors qu'au moment des accords de Kyoto, en 1990, le Japon était en pointe dans la lutte contre le réchauffement climatique, il est aujourd'hui l'un des plus mauvais élèves parmi les pays développés. Avec ce nouveau plan, le pays s'engage à réduire de 80 % ses émissions de gaz à effet de serre entre 2013 et 2050. Le gouvernement considère que le nucléaire, qui n'émet pas de CO₂, est « une ressource indispensable » aux côtés des énergies renouvelables.

L'utilisation de MOX

Ne disposant ni d'usine de retraitement fonctionnelle, ni de site de fabrication de MOX, la compagnie d'électricité japonaise Kansai Electric Power (Kepco) avait demandé en 2008 au groupe français Areva



de prendre en charge le combustible utilisé pour le transformer. Une première cargaison de MOX devait revenir au Japon en 2011, mais son transport a été reporté suite à Fukushima en mars 2011.

Le rapatriement du combustible a été négocié cette année entre les différentes parties prenantes du fait de la volonté de la France de ne pas stocker à long terme ce combustible. Le MOX est destiné au réacteur 3 de la centrale atomique de Takahama, un site encore à l'arrêt, et dont le redémarrage dépend du diagnostic de sûreté de l'Autorité de régulation sur la base de normes renforcées qui sont entrées en vigueur en juillet.

C.F.H.

La Chine coopère pour être toujours plus autonome

En 2018, la Chine développe son programme électro-nucléaire. L'un des événements attendus est la connexion au réseau du premier EPR opérationnel, Taishan-1 (photo ci-contre). Aux 38 réacteurs en exploitation, vont s'ajouter en quelques années les 19 en construction. Soit 57, un de moins que les 58 d'EDF pour 63 GW de puissance installée. Mais le gouvernement chinois a déjà décidé d'aller nettement plus loin dans l'objectif de décarboner une électricité actuellement produite avec du charbon pour près de 70%. Il vise entre 120 et 130 GW de puissance installée en 2030. Au-delà de l'émergence de ce qui sera bientôt le plus important parc de réacteurs nucléaires, la Chine vise le très long terme. Avec une stratégie inspirée du modèle français : combustible usé retraité, usage du MOX (mélangeant plutonium et uranium appauvri), et développement de réacteurs dits « rapides » dans la perspective, lointaine, d'une raréfaction de l'uranium naturel.

La Chine coopère avec le CEA et ORANO pour maîtriser toute la chaîne du retraitement et de la vitrification des déchets

ultimes. Elle a engagé des négociations pour le transfert des deux technologies : le retraitement par une usine similaire à l'UP3 de La Hague, d'une capacité de 800 tonnes de combustibles par an. Et une usine similaire à l'établissement Melox de Marcoule pour la fabrication de combustible MOX. L'accord de principe est déjà acté, la négociation porte sur le calendrier, le détail technique et le prix. Elle pourrait se conclure en 2018 pour une réalisation vers 2030.

Une vision de très long terme

L'option nucléaire chinoise comporte une vision de très long terme, qui passe aussi par la maîtrise d'une technologie différente du parc actuel de production : celle des réacteurs dits « rapides ». Ceux-ci font disparaître la limitation des ressources minérales pour plusieurs siècles en multipliant par au moins 50 le volume d'électricité produite à partir d'une même quantité d'uranium naturel comparativement aux réacteurs « lents ». Un élément de réflexion important pour les Chinois qui ne produisent sur leur sol que le tiers de l'uranium qu'ils utilisent. La Chine a mis en service en



2011 un petit réacteur rapide expérimental, de 20 MW, construit avec l'aide de la Russie, et elle construit un réacteur rapide de 600 MW similaire aux réacteurs rapides Phénix et Superphénix qui ont fonctionné à Marcoule et Creys-Malville. Cette filière fait partie des pistes privilégiées par la coopération internationale sur les réacteurs du futur, dont le déploiement industriel n'est pas envisagé avant 2050. Toutefois, la feuille de route chinoise prévoit un réacteur rapide plus puissant, de 1000 MW, qui pourrait être construit dans les années 2030.

C.F.H.

C'est le même objectif - s'affranchir de toute limitation des ressources - qui guide la R&D du CEA sur ce sujet, avec le projet de réacteur Astrid : le seul stock d'uranium appauvri conservé en France (300 000 tonnes) suffirait pour produire l'électricité du pays durant plus de mille ans. Le second avantage possible d'un tel réacteur est que les neutrons rapides cassent les noyaux des actinides mineurs en noyaux dont la période radioactive est beaucoup plus courte, diminuant drastiquement la durée de la nocivité des déchets nucléaires.

La compétitivité

de l'industrie nucléaire européenne en débat

Avec quelle énergie développer une industrie sans CO2, une agriculture propre, des transports propres ? A l'heure où la Commission privilégie les EnR, Les Entretiens Européens ont questionné la compétitivité du nucléaire lors d'une rencontre le 19 octobre 2017 à Bruxelles. Le débat a pris le contre-pied des arguments souvent irrationnels de ceux qui combattent la technologie au nom de l'écologie... et de la décroissance ! Car les sociétés veulent les deux : écologie ET croissance ! En Europe ET dans le monde.

Cette 15^{ème} édition des Entretiens Européens - soutenue par la Commission européenne - a rassemblé des acteurs de huit pays de l'Union européenne et de Russie. Elle nous a permis de revenir sur notre histoire récente, quand l'industrie nucléaire a révolutionné nos modes de production, créant de la croissance et de l'emploi sans polluer ni émettre de gaz à effet de serre.

Depuis 1958, date du traité Euratom, on a appris à maîtriser les risques liés au nucléaire, gérer les déchets qu'il produit, développer la sûreté qui fait de l'Europe la zone la plus sûre du monde. Pourquoi faudrait-il s'en priver ? Trop cher ?

Mutualiser les coûts dans une filière européenne

En France, la génération 2, amortie, peut être prolongée de 10 ans, voire de 20 ans, avec une rentabilité de 20%... Le défi est de passer à la 3^{ème} génération. Les économistes présents, comme Jan Keppler ou Graham Wheale, ont prouvé que, orga-



nisée en filière, celle-ci serait compétitive, même comparée aux sources éoliennes et solaires dont les coûts, si on intègre ceux du stockage dont elles auront besoin pour compenser la réduction de la base, exploseront. Une filière européenne permettrait de mutualiser les coûts, de créer des effets de série, et à l'industrie européenne de jouer sa carte dans le monde qui connaît une renaissance du nucléaire. En Asie et en Amérique latine, de nombreux pays développent la technologie pour répondre à la demande de consommation de leurs populations. L'Afrique aussi s'interroge, qui, face à des défis climatiques et démographiques énormes, doit s'industrialiser si elle veut se développer.

L'Europe devrait-elle faire figure d'exception et casser son industrie nucléaire ? Les Etats ont adopté un paquet climat qui a créé des effets pervers allant à l'encontre des objectifs de durabilité, sécurité et de compétitivité qu'ils s'étaient par ailleurs fixés ! On détruit des capacités en gaz et nucléaires, mais on augmente la production de fossiles. L'expérience allemande

doit nous faire réfléchir, mais la Commission cherche à adapter le marché pour produire encore plus d'EnR au détriment du nucléaire qui ne représenterait plus que 20% de la production d'électricité en 2050 contre 50% d'EnR.

Défendre notre marché et notre industrie

« Notre nucléaire libéralisé » est concurrencé par un nucléaire planifié, se sont plaints les industriels. Mais les Russes, présents au colloque, ont assumé le soutien public au nucléaire et la protection de leur marché. Qu'est-ce qui empêche l'Union européenne de faire la même chose ? Le dogme de la libéralisation ? L'énergie, et qui plus est nucléaire, n'est pas une marchandise comme les autres, c'est un bien public qui doit être défendu et régulé ! La Commission sait trouver les moyens quand il s'agit d'adapter le marché pour favoriser les investissements dans les EnR, il faut les appliquer au nucléaire : donner un signal prix, favoriser les incitations et garanties publiques pour l'investissement. Le nucléaire a besoin d'une réforme du marché avec des contrats de long terme, et d'une politique industrielle qui associe les opérateurs, les régulateurs et les territoires. Celle-ci doit leur permettre une coopération dans le cadre de relations public/privé intelligentes en interne et favoriser les partenariats d'investisseurs européens et internationaux.

C.F.H.

Demandez les publications des Entretiens Européens



 Les Entretiens Européens & Eurafricains

4 rue Froidevaux, 75014 Paris
Tél. : 00 33 (0) 1 43 21 96 76 - Port. : 00 33 (0) 6 72 84 13 59
contact@entretiens-europeens.org - www.entretiens-europeens.org

Les Entretiens Européens à Paris : la dimension européenne du débat en France



Avec Les Entretiens Européens du 18 octobre à Paris, nous voulons contribuer au débat public sur l'enjeu de la gestion des combustibles usés et celle des déchets nucléaires en Europe. Cette question est au cœur des interrogations sur l'avenir du nucléaire dans le mix énergétique européen, c'est pourquoi nous souhaitons réunir les acteurs du secteur de plusieurs pays d'Europe, pour un débat entre eux et avec d'autres acteurs de la société civile, ainsi qu'avec les institutions. Ils répondent au besoin d'europaniser le débat public en France, au moment où le gouvernement propose de le réouvrir sur les solutions proposées pour un stockage géologique en profondeur des déchets les plus radioactifs (déchets à haute activité et à vie longue - DHA-VL).

Un enjeu scientifique au cœur de la coopération internationale

Nous souhaitons faire prendre conscience que la gestion des combustibles usés et celle des déchets nucléaires est un enjeu scientifique, au cœur de la coopération internationale et que les solutions pour une gestion responsable et durable existent.

Nous analyserons l'état d'avancement de la mise en œuvre des plans nationaux de gestion que la Commission européenne a exigé des États dans sa directive de 2011. Nous débattons avec les pays qui ont décidé de poursuivre, voire développer la production

d'énergie nucléaire sur leur territoire, avec ceux qui ont décidé d'arrêter leur production nucléaire comme l'Allemagne, et ceux qui sont à la recherche de solutions régionales comme les pays de l'Europe de l'Est.

Nous chercherons par ailleurs à clarifier la vérité des coûts de la gestion des déchets nucléaires selon les solutions proposées et ce qu'ils représentent dans le prix de l'électricité, et nous aborderons les enjeux du traitement/recyclage pour faire des combustibles usés des ressources pour demain.

Nous examinerons les innovations des centres de gestion, et nous poserons la question du recyclage des déchets les moins radioactifs de la déconstruction des centrales : faut-il les stocker ou construire une nouvelle industrie de recyclage en Europe s'inscrivant dans l'économie circulaire ?

L'Union européenne rassemble sur son territoire des expériences et des compétences. L'excellence de certains pays d'Europe est un atout pour le transfert dans les pays moins avancés de solutions vers une gestion sûre des combustibles usés et celle des déchets nucléaires adaptée selon les types de déchets et des territoires. C'est un atout pour un nucléaire durable et le mix énergétique décarboné, ainsi que pour la compétitivité du nucléaire dans le monde. Il faut les faire connaître et permettre ainsi à l'opinion publique de s'approprier le sujet et les solutions, comme à tous les acteurs d'assumer leurs responsabilités.

Claude Fischer-Herzog
Directrice des Entretiens Européens



Les Entretiens Européens ont été créés en 2003 avec la première édition sur les enjeux scientifiques de la gestion des déchets nucléaires à Nogent en Haute-Marne. Ils avaient réunis des représentants de 15 pays d'Europe et du Japon pour un dialogue entre eux et avec la Commission européenne.

Les Entretiens Européens

18 octobre 2018 - Paris

La gestion des combustibles usés et des déchets nucléaires en Europe.

Des solutions existent, il faut les mettre en œuvre

- La science et l'atome. Les enjeux scientifiques de la gestion du combustible usé et des déchets nucléaires
- Comment promouvoir la mise en œuvre des plans nationaux et aider les pays en retard ?
- Quelles solutions pour une gestion responsable et efficace du combustible usé ?
- Les coûts de la gestion. Réalités selon les types de déchets et leur impact sur les prix de l'énergie
- Innovation dans l'entreposage et le stockage et l'industrie du recyclage
- La coopération européenne et internationale
- La dimension européenne du débat public et le devoir de mémoire

Pour s'inscrire : contact@entretiens-europeens.org

ASCPE LES ENTRETIENS EUROPEENS depuis 2003

- Octobre 2017 à Bruxelles : **Les enjeux de la compétitivité de l'énergie nucléaire en Europe**
- Octobre 2016 à Bruxelles : **Les investissements dans le nucléaire en Europe. Bâtir un cadre de long terme pour la valorisation et le financement des projets**
- Avril 2016 à Bruxelles : **La sécurité énergétique de l'Union européenne. Quelles interdépendances avec les pays tiers ?**
- Octobre 2015 à Bruxelles : **L'appropriation des déchets nucléaires en Europe, un enjeu de sûreté**
- Novembre 2014 à Paris : **L'appropriation sociétale de la gestion des déchets nucléaires**
- Octobre 2014 à Bruxelles : **Comment financer le passage à une économie décarbonée et compétitive en Europe ?**
- Octobre 2013 à Varsovie et Krokowa : **L'appropriation sociétale du nucléaire en Pologne**
- Avril 2013 à Bruxelles : **Dialogue Europe/Russie. Coopération et compétition dans la filière nucléaire**
- Juin 2011 à Bruxelles : **Bulgarie, Hongrie, Lituanie et République tchèque après Fukushima. Les enjeux économiques d'une sûreté européenne partagée**
- 2011 à Bruxelles : **L'agriculture durable (cycle de 4 déjeuners-débats)**
- 2010 à Budapest : **L'énergie nucléaire en Europe, de l'acceptabilité à l'appropriation**
- 2010 à Paris : **La mobilité durable et la voiture propre (après 8 déjeuners-débats sur les biocarburants)**
- 2009 à Bruxelles : **Alimentation et Santé publique**
- 2008 à Bruxelles : **La Sûreté nucléaire, un bien public mondial**
- 2008 à Paris : **La renaissance du nucléaire en Europe et dans le monde (après 8 déjeuners-débats à Bruxelles)**
- 2006 à Berlin avec le C.E.R.E.S. de Rolf Linkohr : **L'Europe investit de nouveau dans le nucléaire**
- 2006 à Paris : **Les enjeux législatifs en France et en Europe de la gestion des déchets nucléaires**
- 2005 à Reims : **Les enjeux éthiques et démocratiques de la gestion des déchets nucléaires**
- 2004 à Bar-le-Duc : **Les enjeux économico-financiers de la gestion des déchets nucléaires**
- 2003 à Nogent en Haute-Marne : **Les enjeux scientifiques de la gestion des déchets nucléaires.**

Textes, comptes-rendus et slides disponibles
www.entretiens.europeens.org

Directrice de publication et rédactrice en chef : **Claude Fischer-Herzog**

Secrétaire de rédaction : **Juliette Munsch**

Conception : **Christophe Le Nours**

Publiée par **ASCPE**

4 rue Froidevaux, 75014 Paris.

Tél. : 00 33 (0)1 43 21 96 76