

IAEA BULLETIN

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

La publication phare de l'AIEA | Novembre 2017

Version numérique :
www.iaea.org/bulletin



L'électronucléaire au service d'un avenir propre



La Chine, producteur d'énergie d'origine nucléaire au développement le plus rapide au monde p. 12

Aval du cycle nucléaire : la solution de la Finlande relative au stockage définitif du combustible nucléaire usé p. 8

Les Émirats arabes unis sur la voie du nucléaire : entretien avec l'ambassadeur Hamad Alkaabi p. 10



60 ans

IAEA *L'atome pour la paix et le développement*

Et aussi :
Infos AIEA



Le Bulletin de l'IAEA

est produit par
le Bureau de l'information
et de la communication (OPIC)
Agence internationale de l'énergie atomique
B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)
Téléphone : (43-1) 2600-21270
Fax : (43-1) 2600-29610
iaeabulletin@iaea.org

Rédaction : Miklos Gaspar
Rédactrice en chef : May Fawaz-Huber
Conception et production : Ritu Kenn

Le Bulletin de l'IAEA est disponible à l'adresse
suivante :
www.iaea.org/bulletin

Des extraits des articles du Bulletin peuvent être
utilisés librement à condition que la source soit
mentionnée. Lorsqu'il est indiqué que l'auteur
n'est pas fonctionnaire de l'IAEA, l'autorisation de
reproduction, sauf à des fins de recension, doit être
sollicitée auprès de l'auteur ou de l'organisation
d'origine.

Les opinions exprimées dans le Bulletin ne
représentent pas nécessairement celles de l'Agence
internationale de l'énergie atomique, et l'IAEA
décline toute responsabilité à cet égard.

Couverture : Starstruck/IAEA

Suivez-nous sur :



L'Agence internationale de l'énergie atomique a pour mission de prévenir la dissémination des armes nucléaires et d'aider tous les pays – en particulier ceux du monde en développement – à tirer parti de l'utilisation pacifique, sûre et sécurisée de la science et de la technologie nucléaires.

Créée en 1957 en tant qu'organe autonome, l'IAEA est le seul organisme des Nations Unies à être spécialisé dans les technologies nucléaires. Ses laboratoires spécialisés uniques au monde aident au transfert de connaissances et de compétences à ses États Membres dans des domaines comme la santé humaine, l'alimentation, l'eau, l'industrie et l'environnement.

L'IAEA sert aussi de plateforme mondiale pour le renforcement de la sécurité nucléaire. Elle a mis en place la collection Sécurité nucléaire, dans laquelle sont publiées des orientations sur la sécurité nucléaire faisant l'objet d'un consensus international. Ses travaux visent en outre à réduire le risque que des matières nucléaires et d'autres matières radioactives tombent entre les mains de terroristes ou de criminels, ou que des installations nucléaires soient la cible d'actes malveillants.

Les normes de sûreté de l'IAEA définissent un système de principes fondamentaux de sûreté et sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un degré élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les effets néfastes des rayonnements ionisants. Elles ont été élaborées pour tous les types d'installations et d'activités nucléaires destinées à des fins pacifiques, y compris le déclassement.

En outre, l'IAEA vérifie, au moyen de son système d'inspections, que les États Membres respectent l'engagement qu'ils ont pris, au titre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires et d'autres accords de non-prolifération, de n'utiliser les matières et installations nucléaires qu'à des fins pacifiques.

Les tâches de l'IAEA sont multiples et font intervenir un large éventail de partenaires aux niveaux national, régional et international. Ses programmes et ses budgets sont établis sur la base des décisions de ses organes directeurs – le Conseil des gouverneurs, qui compte 35 membres, et la Conférence générale, qui réunit tous les États Membres.

L'IAEA a son siège au Centre international de Vienne. Elle a des bureaux locaux et des bureaux de liaison à Genève, New York, Tokyo et Toronto. Elle exploite des laboratoires scientifiques à Monaco, Seibersdorf et Vienne. En outre, elle apporte son appui et contribue financièrement au fonctionnement du Centre international Abdus Salam de physique théorique de Trieste (Italie).

Une énergie propre pour un avenir durable : le rôle de l'électronucléaire

Par Yukiya Amano, Directeur général de l'AIEA

L'énergie est le moteur du développement et de la prospérité. Tous les pays doivent s'assurer un approvisionnement en énergie suffisant pour stimuler la croissance économique, tout en travaillant à l'atténuation des effets des changements climatiques.

À l'avenir, les sources d'énergie renouvelable, telles que le vent et l'énergie solaire, vont jouer un rôle important. De plus, il sera nécessaire de renforcer l'utilisation de l'électronucléaire pour fournir un approvisionnement en électricité de base constant. L'électronucléaire, qui est l'une des technologies de production d'électricité dont les émissions de carbone sont les plus faibles, pourra aussi aider les pays à atteindre leurs objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

La présente édition du Bulletin de l'AIEA, publiée à l'occasion de la Conférence ministérielle internationale sur l'électronucléaire au XXI^e siècle, aborde certains des sujets relatifs à l'électronucléaire et à sa contribution au développement durable les plus d'actualité.

Nous vous informons, par exemple, du fait que les exploitants de centrales nucléaires des États-Unis d'Amérique essaient d'obtenir un renouvellement de licence pour prolonger l'exploitation au-delà de 60 ans, et que la Chine entreprend la plus importante expansion de programme électronucléaire du monde. Nous exposons aussi les raisons qui ont poussé les Émirats arabes unis à lancer un programme électronucléaire.

Les centrales nucléaires requièrent des investissements initiaux importants mais, une fois en service, leur coût d'exploitation est relativement faible. Nous examinons le modèle de financement de la construction de centrales nucléaires en vigueur au Royaume-Uni en tant qu'exemple de gestion possible des risques financiers.

De remarquables travaux de recherche en cours portent sur une nouvelle génération de centrales nucléaires, qui seront dotées de dispositifs de sûreté intrinsèques, seront plus efficaces et généreront moins de déchets. Les derniers développements dans le domaine des petits réacteurs modulaires sont présentés en page 18.

L'industrie nucléaire gère avec succès le stockage de déchets depuis plus d'un demi-siècle. On compte dans le monde des dizaines d'installations prenant en charge les déchets nucléaires de faible et de moyenne activité. En ce qui concerne la gestion des déchets radioactifs de haute activité et du combustible usé, des progrès notables ont été enregistrés ces dernières années. Vous découvrirez l'histoire de la construction, en Finlande, du premier dépôt géologique profond destiné au combustible nucléaire usé, dont la mise en service est prévue au début de la prochaine décennie.

Pour de nombreux pays qui envisagent de lancer un programme électronucléaire, l'acceptation par le public reste un enjeu important. Les approches adoptées respectivement par le Ghana et le Kenya sont présentées en page 6. Il est important d'investir dans les jeunes générations afin d'assurer la continuité des compétences et la pérennité de l'électronucléaire. Vous pourrez découvrir les programmes que le Royaume-Uni met en œuvre dans ce domaine.

Des femmes du nucléaire

La présente édition inclut une section spéciale consacrée au travail de huit femmes exceptionnelles dans le domaine nucléaire. Nous sommes fiers de mettre en valeur leurs réussites et d'exposer leurs points de vue.

Je suis convaincu que l'électronucléaire va contribuer de plus en plus au développement durable au cours des prochaines décennies. L'AIEA va remplir son rôle afin d'aider les pays à utiliser cette ressource remarquable de manière sûre, efficace et durable.

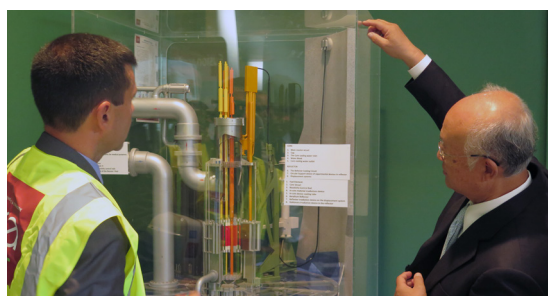


« Je suis convaincu que l'électronucléaire va contribuer de plus en plus au développement durable au cours des prochaines décennies. L'AIEA va remplir son rôle afin d'aider les pays à utiliser cette ressource remarquable de manière sûre, efficace et durable. »

— Yukiya Amano, Directeur général de l'AIEA



(Photo : Expo 2017 Astana)

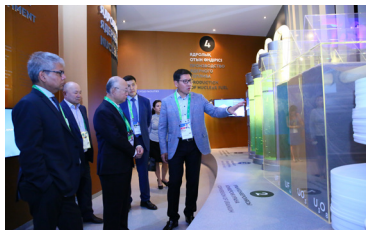


(Photo : C. Brady/AIEA)



(Photo : ITER)

Avant-propos



1 Une énergie propre pour un avenir durable : le rôle de l'électronucléaire

L'électronucléaire au service d'un avenir propre



4 Une vision à long terme : la durée de vie utile des centrales nucléaires des États Unis pourrait être portée à 80 ans



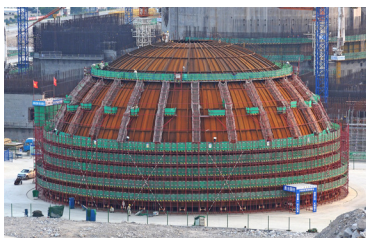
6 Défense de l'électronucléaire : pourquoi la participation des parties prenantes est nécessaire



8 Aval du cycle nucléaire : la solution de la Finlande relative au stockage définitif du combustible nucléaire usé



10 Les Émirats arabes unis sur la voie du nucléaire : entretien avec l'ambassadeur Hamad Alkaabi



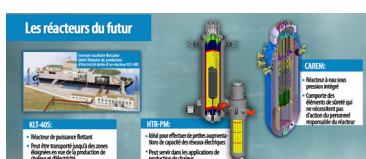
12 La Chine, producteur d'énergie d'origine nucléaire au développement le plus rapide au monde



14 Financement et gestion des risques liés à l'électronucléaire : le modèle du Royaume-Uni



16 Encourager les carrières dans le secteur nucléaire : la stratégie du Royaume-Uni pour disposer de personnel à long terme



18 Les réacteurs de nouvelle génération : des outils sûrs et économiques pour une énergie durable

Dans le monde

20 Les sept secrets d'une énergie nucléaire à bas coût

— Par Michael Shellenberger, président, Environmental Progress

22 L'innovation dans le secteur nucléaire, élément essentiel à un avenir énergétique durable

— Par William D. Magwood, IV, directeur général, Agence pour l'énergie nucléaire

24 Le programme « Harmony », l'avenir de l'électricité

— Par Agneta Rising, directrice générale, Association nucléaire mondiale

Infos AIEA

26 Costa Rica : la sécurité sanitaire des aliments revisitée grâce à la technologie nucléaire

27 Appui à la non-prolifération nucléaire : le Ghana remplace l'UHE par de l'UFE dans son réacteur de recherche

28 Publications de l'AIEA

Une vision à long terme : la durée de vie utile des centrales nucléaires des États-Unis pourrait être portée à 80 ans

Par May Fawaz-Huber



La centrale nucléaire de Surry est la première à avoir informé la Commission de la réglementation nucléaire des États-Unis de son intention de présenter une nouvelle demande de renouvellement de licence.

(Photo : NEI)

Au cours des deux dernières décennies, la prolongation de la durée de vie utile des centrales nucléaires a suscité un intérêt croissant. Cette mesure étant plus économique que la construction d'une nouvelle centrale, de nombreux exploitants des États-Unis cherchent à obtenir un renouvellement de licence lorsque cela est judicieux d'un point de vue commercial. Une telle prolongation leur permet d'éviter les pénuries d'approvisionnement et de contribuer à la réduction des émissions de carbone du pays.

« En tant que communauté mondiale, il est très important pour nous de nous soucier du mode de production de l'électricité », explique Maria Korsnick, présidente-directrice générale de l'Institut de l'énergie nucléaire. « Il est possible de produire de l'électricité de nature intermittente, comme celle issue de l'éolien ou du solaire, mais il est nécessaire d'assurer un approvisionnement en énergie de base constant et respectueux de l'environnement, et c'est justement ce que permet le nucléaire », ajoute-t-elle.

Aux États-Unis, la Commission de la réglementation nucléaire (NRC) délivre des licences permettant l'exploitation des centrales nucléaires pendant 40 ans au maximum. Elle peut octroyer un renouvellement de licence pour prolonger l'exploitation d'une durée pouvant aller jusqu'à 20 ans à chaque demande, à condition que les exploitants puissent attester que les effets du vieillissement sur certains composants et structures des centrales seront gérés de manière appropriée.

Environ 90 % des centrales du pays ont déjà bénéficié d'un renouvellement de licence, par lequel leur durée d'exploitation est passée à 60 ans. Toutefois, la plupart de ces centrales arrivent

bientôt au terme de cette période de 60 ans. Si leur exploitation cesse et elles ne sont pas remplacées par de nouvelles centrales, le pourcentage d'énergie produite grâce à l'électronucléaire chutera. Avec un deuxième renouvellement, la durée d'exploitation d'une centrale passe de 60 à 80 ans.

Le nucléaire représente 20 % de l'approvisionnement en électricité des États-Unis et plus de 60 % de la production d'énergie sans émission de CO₂ du pays. On prévoit que la demande en électricité augmente de 30 % d'ici 2035.

Pour obtenir le renouvellement d'une licence, il faut fournir à la NRC une évaluation des aspects techniques du vieillissement de la centrale et montrer que toute complication sera gérée de manière sûre. Pour cela, il est nécessaire d'examiner les métaux, les soudures et les tuyauteries du système, ainsi que le béton, les câbles électriques et les cuves sous pression des réacteurs. Il faut également évaluer l'impact que peut avoir sur l'environnement l'exploitation de la centrale pendant 20 années de plus. La NRC vérifie les évaluations en menant une inspection et des audits, et l'examen des demandes de renouvellement de licence peut durer de 22 à 30 mois.

« Au tout début, la NRC mettait des années à achever un examen », indique Maria Korsnick. « Maintenant que le processus est mieux compris, cela prend un peu moins de deux ans. Quant aux demandes de renouvellement de licence ultérieures, elles pourront sans doute être examinées en 18 mois », ajoute-t-elle.

Aucun renouvellement de licence ultérieur n'a encore été accordé, mais trois centrales ont déjà fait part de leur intention de présenter une demande de renouvellement.

« Si un renouvellement ultérieur est accordé et les centrales sont en exploitation pendant 80 ans, la NRC pourrait susciter l'intérêt d'autres entreprises de services publics », déclare Allen Hiser, conseiller technique principal pour le renouvellement de licences et la gestion du vieillissement à la NRC. « La NRC a connu une situation similaire après avoir accordé les premiers renouvellements de licence en 2000 », ajoute-t-il.

Répondre aux défis posés par le Gouvernement et le marché

La plupart des politiques du Gouvernement des États-Unis favorisent les énergies renouvelables par rapport au nucléaire et, selon Maria Korsnick, tous les avantages qu'offrent les centrales nucléaires ne sont pas appréciés à leur juste valeur sur le marché. Au cours des six dernières années, trois centrales ont fermé avant même l'expiration de leur licence initiale, car elles n'étaient pas assez rentables sur le marché. Maria Korsnick soutient que les marchés doivent être améliorés pour que les produits du nucléaire soient valorisés, notamment l'air pur, une électricité disponible en permanence et le fonctionnement en continu pendant au moins 18 mois avant qu'un rechargement en combustible soit nécessaire. Si ces avantages étaient pleinement reconnus, la fermeture prématurée d'autres centrales pourrait être évitée.

« Nous voulons avant tout disposer d'un réseau électrique qui comprenne diverses technologies de production et qui estime à leur juste valeur les attributs essentiels de chacune d'entre elles et les avantages qu'elles confèrent à la société », déclare Maria Korsnick.

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Maria Korsnick

Présidente-directrice générale de l'Institut de l'énergie nucléaire (NEI)



Maria Korsnick s'appuie sur sa formation d'ingénieur, son expérience pratique de l'exploitation de réacteurs et sa connaissance approfondie des politiques énergétiques et des questions réglementaires pour faire mieux comprendre aux décideurs nucléaires et au public les bénéfices économiques

et environnementaux de l'énergie nucléaire. Avant de rejoindre le NEI, elle a été vice-présidente des opérations nord-est chez Exelon, ainsi que responsable nucléaire principale et directrice générale par intérim de Constellation Energy Nuclear Group. Elle a débuté sa carrière dans ce groupe en 1986 et y a occupé des postes à responsabilités croissantes, notamment ceux d'ingénieur, d'exploitante, de directrice, de vice-présidente de site, de vice-présidente générale et de responsable nucléaire principale.

« Je suis fière d'être membre de Women in Nuclear depuis plus de dix ans. Cette organisation rassemble 25 000 membres de 107 pays. Les membres de Women in Nuclear viennent de tous les horizons du secteur nucléaire : grandes compagnies d'électricité, entreprises de conception de réacteurs, universités, laboratoires et agences gouvernementales. Elles mettent leur passion pour cette industrie au service de la promotion de la science et de la technologie nucléaires. »

L'AIEA et l'exploitation à long terme

L'AIEA bénéficie de l'appui de la NRC dans ses activités d'exploitation à long terme. La NRC a été l'un des premiers organismes à fonder le programme des Enseignements génériques tirés au niveau international en matière de vieillissement (IGALL) de l'AIEA et à y participer activement. Ce programme s'est d'ailleurs appuyé en premier lieu sur les informations techniques fournies dans le rapport sur les enseignements génériques tirés en matière de vieillissement, établi par la NRC. D'autres États Membres de l'AIEA ont ajouté aux informations fournies par les États-Unis des données relatives à leurs centrales, notamment à des modèles de réacteurs à eau lourde sous pression.

Les États-Unis participent activement à d'autres activités de l'AIEA relatives à l'exploitation à long terme, comme l'élaboration de guides de sûreté sur la gestion du vieillissement et l'exploitation à long terme, ou encore l'organisation d'ateliers sur l'exploitation à long terme destinés aux organismes de réglementation internationale et aux centrales. Les États-Unis continuent de mettre à disposition leurs compétences dans le cadre de missions de l'AIEA sur des questions de sûreté concernant l'exploitation à long terme (SALTO) effectuées dans des pays d'Europe, d'Asie, et d'Amérique du Nord et du Sud.

Défense de l'électronucléaire : pourquoi la participation des parties prenantes est nécessaire

Par Elisabeth Dyck

L'une des difficultés majeures auxquelles doivent répondre les programmes électronucléaires est l'obtention et le maintien de l'appui des parties prenantes, notamment du public. Il en va de même pour les pays qui envisagent d'inclure l'électronucléaire dans leur bouquet énergétique afin de garantir la durabilité de l'énergie et de renforcer le développement industriel et économique.

Le lancement d'un programme électronucléaire nécessite des années de travail préparatoire et un engagement à long terme à l'échelon national tout au long de la mise au point, de la construction, de l'exploitation et, en dernier lieu, du déclassement des installations nucléaires. L'élaboration d'un argumentaire en faveur de l'électronucléaire et l'obtention de l'acceptation du public requièrent la participation de toutes les parties prenantes à chaque étape du processus de planification et tout au long du cycle de vie des installations nucléaires.

« Une communication transparente basée sur les faits avec l'ensemble de la société contribue non seulement à l'introduction et à l'acceptation des programmes électronucléaires, mais aussi au renforcement de la sûreté et de la sécurité », explique Mikhail Chudakov, Directeur général adjoint chargé de l'énergie nucléaire à l'AIEA.

La participation des parties prenantes est l'une des 19 questions relatives à l'infrastructure abordées dans le document sur l'approche par étapes de l'AIEA, document d'orientation structuré que les États Membres utilisent pour développer leurs infrastructures dans le cadre d'un programme électronucléaire. L'AIEA publie des documents d'orientation et organise des

discussions sur les défis communs et les bonnes pratiques en vue de faciliter l'échange de connaissances, d'expérience et de bonnes pratiques relatives à la communication avec toutes les parties intéressées.

« Associer les parties prenantes ne revient pas seulement à promouvoir les avantages de l'électronucléaire ou à expliquer ses risques ou sa complexité », déclare Brenda Pagannone, experte en participation des parties prenantes qui a récemment présidé une réunion sur ce sujet et sur l'information du public à l'AIEA. « Il s'agit d'établir un dialogue et de prendre en compte le rôle et les apports de toutes les parties prenantes dans le processus décisionnel », explique-t-elle.

L'exemple du Ghana

Le Ghana coopère avec l'AIEA à la mise au point d'un programme électronucléaire national. Il a créé une organisation internationale, l'Organisation ghanéenne pour l'établissement d'un programme électronucléaire (GNPPO), en vue de coordonner toutes les activités préparatoires relatives à la mise au point des infrastructures, et a accueilli une mission d'Examen intégré de l'infrastructure nucléaire de l'AIEA.

« Nous sommes conscients qu'il s'agit d'un projet d'envergure nationale, qui requiert l'implication d'un grand nombre de parties intéressées », déclare Ben Nyarko, vice-président de la GNPPO. « Nous collaborons avec les parties prenantes depuis le lancement du programme. C'est ce qui a permis à la GNPPO de communiquer efficacement les exigences et les avantages



(Infographie : F. Nassif/AIEA)

du programme à l'industrie, aux décideurs et au grand public », ajoute-t-il.

Le cas du Kenya

Le Kenya, qui a également sollicité auprès de l'AIEA des orientations relatives à la mise au point d'un programme électronucléaire, a créé l'Office kényan de l'électronucléaire (KNEB) en 2012, en vue de coordonner toutes les activités préparatoires liées à la mise en place des infrastructures nucléaires.

« Le Kenya a effectué un sondage visant à déterminer les intérêts et préoccupations majeurs des parties prenantes, notamment du public, en matière d'électronucléaire », indique Basett Buyukah, directeur de la publicité et des activités de promotion du KNEB. « Le KNEB s'est fondé sur les résultats de ce sondage pour élaborer une stratégie de communication complète et déterminer les activités et les messages, ainsi que les supports à privilégier », ajoute-t-il. Par la suite, le KNEB a lancé un programme solide d'éducation publique, notamment dans les écoles, les établissements d'enseignement supérieur et les universités, et a accueilli des réunions, des conférences et des ateliers s'adressant à différentes parties prenantes.

Une communication ininterrompue

Les activités liées à la participation des parties prenantes ne s'arrêtent pas une fois que la centrale nucléaire a été mise en service. Elles doivent se poursuivre tout au long de la durée de vie utile des installations nucléaires, notamment des réacteurs en exploitation, des installations d'entreposage temporaire de combustible usé et des dépôts de stockage définitif de déchets radioactifs.

« Il est essentiel de construire une relation positive et ouverte avec les communautés locales, à savoir les travailleurs, les familles, les représentants d'autres industries, les dirigeants, les étudiants et les enseignants, afin de préserver un environnement confiant et optimiste », affirme Brenda Pagannone.

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Myra Liyana Razali

Responsable de la participation des parties prenantes, Compagnie électronucléaire malaisienne (MNPC)



Myra Liyana Razali est responsable de la participation des parties prenantes et des communications relatives à la mise au point du programme électronucléaire de la Malaisie. Au cours des dernières années, elle a participé et contribué aux réunions et aux missions d'experts de l'AIEA, et elle espère pouvoir aider à développer la participation des parties

prenantes dans l'industrie nucléaire. Elle travaille dans le domaine de l'énergie nucléaire depuis 2007, année où elle est entrée à l'Agence nucléaire malaisienne en tant que responsable de publication.

« Si nous voulons faire progresser encore l'électronucléaire, nous devons transformer les idées négatives sur le nucléaire qui persistent dans le cœur et l'esprit du public. Pour y parvenir de manière efficace, il est primordial d'instaurer la confiance, nouvelle monnaie d'échange en matière de participation des parties prenantes. La confiance nécessite une véritable méthode de communication, qui implique une écoute attentive, un dialogue constructif et une compréhension mutuelle. Aussi difficile que cela puisse paraître, nous devons faire en sorte que notre voix porte plus que le bruit et poursuivre notre action afin de continuer à associer le public. »



Plus de 60 participants de 19 pays se lançant dans un premier programme électronucléaire et de 16 pays exploitant des centrales nucléaires ont pris part à la réunion technique sur la participation des parties prenantes et l'information du public, organisée par l'AIEA du 13 au 16 juin 2017 à Vienne.

(Photo : A. Evrensel, AIEA)

Aval du cycle nucléaire : la solution de la Finlande relative au stockage définitif du combustible nucléaire usé

Par Irena Chatzis



Entrée d'ONKALO, dépôt destiné au combustible nucléaire usé de la Finlande.

(Photo : Posiva)

Les pays qui exploitent des centrales nucléaires stockent le combustible nucléaire usé sur les sites de réacteurs ou bien ailleurs. Le combustible usé peut être dangereux pour les personnes et l'environnement s'il n'est pas géré de manière adéquate. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver une solution permanente acceptable par le public. Si un certain nombre de pays envisagent la mise en place de dépôts géologiques profonds, la Finlande est le seul à avoir commencé à construire un dépôt destiné au stockage définitif de son combustible nucléaire usé.

La recette du succès de la Finlande

Le dépôt ONKALO, situé à Olkiluoto, sur la côte ouest de la Finlande, est à une profondeur de 400 à 450 mètres et est constitué de 70 km de tunnels et de puits. Il est destiné à recevoir des conteneurs en cuivre remplis de combustible usé provenant de réacteurs nucléaires de puissance. Il devrait recevoir des déchets radioactifs pendant 100 ans et être ensuite scellé.

« Depuis qu'il a été décidé, il y a 40 ans, d'une stratégie globale de gestion des déchets établissant le dépôt géologique profond comme première option, toutes les parties prenantes s'y sont tenues », déclare Tiina Jalonen, vice-présidente responsable du développement chez Posiva, l'entreprise chargée du projet. « Les gouvernements et les personnes ont changé, mais la décision et la vision de l'avenir sont restées les mêmes », ajoute-t-elle.

Le succès du modèle finlandais est également dû à la participation au projet, en temps opportun, de toutes les parties prenantes, lesquelles ont travaillé comme une seule équipe à la réalisation d'un même objectif.

« Les rôles des différentes parties prenantes étaient bien définis. Les décideurs ont élaboré une législation en parallèle avec l'introduction de l'énergie nucléaire, et l'Autorité finlandaise de sûreté radiologique et nucléaire (STUK) a mis au point des guides de sûreté, des règlements et des compétences en vue de l'étude et de l'inspection de nos documents et applications », explique Tiina Jalonen.

De plus, la participation de la STUK dès le début du projet a été essentielle à la création de liens de confiance. « Tout cela n'aurait pas abouti si toutes les parties prenantes n'avaient pas été associées au processus », fait remarquer Petteri Tiippana, directeur général de la STUK. « La participation active de l'organisme de réglementation de la sûreté a permis de fournir des assurances supplémentaires à la communauté locale », précise-t-il.

En réalité, l'acceptation par le public était essentielle à la réussite du projet. Le choix du site d'Olkiluoto, qui abrite trois réacteurs nucléaires, comme site de dépôt a été motivé non seulement par l'adéquation géologique de cette zone, mais aussi par l'acceptation de ses habitants. La Finlande a mené de nombreuses études sur les attitudes à l'égard de ce projet au niveau local et national, lesquelles ont montré que les personnes

vivant à proximité d'une centrale nucléaire avaient tendance à avoir davantage confiance dans les projets nucléaires.

« La confiance est une pierre angulaire de notre capacité à agir conformément au calendrier établi par le gouvernement », explique Tiina Jalonen. « La création de ce lien a nécessité une communication intense et ouverte avec la communauté locale, l'autorité compétente et les décideurs », ajoute-t-elle.

Selon Posiva, le projet est fondé sur le concept des « barrières multiples », qui vise à offrir le confinement et l'isolation nécessaires pour éviter la fuite et la propagation de combustible usé. Un socle rocheux, des conteneurs de stockage définitif entourés d'argile et des tunnels remplis d'argile contenant des matériaux de remplissage et obturant l'entrée du tunnel serviront de barrières multiples de protection.

Quels seront les pays suivants ?

Deux autres pays ont accompli des progrès en matière de construction de dépôts pour déchets radioactifs de haute activité ou combustible usé déclaré comme déchet. En juin 2016, l'Autorité suédoise de sûreté radiologique a approuvé la demande d'autorisation d'implantation d'un dépôt géologique profond de combustible usé à Forsmark. L'examen effectué par la Cour suédoise pour la conservation des sols et de l'environnement en vue de l'octroi d'une autorisation environnementale a débuté en septembre 2017.

En France, la demande d'autorisation d'implantation du dépôt géologique profond Cigéo est en cours d'élaboration. Elle devrait être présentée d'ici la fin de 2018 et la construction devrait débuter d'ici 2020. La phase pilote du stockage définitif pourrait débuter dès 2025. Le dépôt recevra des déchets issus du retraitement du combustible usé provenant du parc actuel de centrales nucléaires français, ainsi que d'autres déchets radioactifs à longue période.

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Laurie Swami

Présidente-directrice générale, Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN)



Laurie Swami est responsable de la mise en œuvre du plan canadien pour la gestion à long terme du combustible nucléaire usé. Avant, elle a été vice-présidente responsable du déclassé et de la gestion des déchets nucléaires chez Ontario Power Generation (OPG), où elle

était notamment responsable de la supervision de l'exploitation des installations de gestion des déchets nucléaires et de la mise en place du dépôt géologique profond pour les déchets nucléaires de faible et de moyenne activité. Elle a débuté sa carrière chez OPG en 1986 et a occupé divers postes à responsabilités croissantes au sein de la Division du nucléaire.

« Nous sommes hautement responsables envers les générations futures de la gestion sûre et à long terme du combustible nucléaire. Heureusement, des organisations de gestion des déchets nucléaires du monde entier, notamment la nôtre, au Canada, créent une dynamique et prennent des mesures concrètes en vue de mettre en œuvre des plans respectueux des personnes et de l'environnement. »

EN SAVOIR PLUS

Les déchets radioactifs de haute activité sont produits par la combustion d'uranium dans les réacteurs nucléaires de puissance. Il en existe deux formes : le combustible usé, déclaré comme déchet et prêt pour le stockage définitif, et les déchets résultant du retraitement du combustible usé.

Étant donné leur niveau élevé de radioactivité et leur longue période (temps nécessaire pour que l'activité d'une substance radioactive soit réduite de moitié), les déchets de haute activité doivent être bien confinés et isolés de l'environnement humain. Des travaux de recherche intensifs ont permis de déterminer la capacité de divers types de roches à accueillir des dépôts géologiques profonds et des systèmes de barrières artificielles afin d'isoler les déchets. Ces dépôts sont construits dans des formations géologiques stables, à une profondeur de plusieurs centaines de mètres, et conçus pour contenir des déchets de haute activité pendant des centaines de milliers d'années.

Les Émirats arabes unis sur la voie du nucléaire : entretien avec l'ambassadeur Hamad Alkaabi

Par Shant Krikorian

Il est prévu que les Émirats arabes unis mettent en service leur première centrale nucléaire en 2018. La construction de la première tranche de la centrale nucléaire de Barakah a débuté en 2012, et quatre autres tranches sont actuellement en chantier. J'ai rencontré l'ambassadeur Hamad Alkaabi, représentant résident des Émirats arabes unis auprès de l'AIEA, pour parler du programme électronucléaire de son pays.

Q : Pourquoi les Émirats arabes unis ont-ils décidé d'entreprendre un programme électronucléaire ?

R : La décision des Émirats arabes unis de se lancer dans un programme électronucléaire était fondée sur la nécessité de répondre à la demande croissante en énergie du pays. Nous avons choisi l'électronucléaire en raison de sa compétitivité commerciale et environnementale. La première étape du programme comprenait une feuille de route détaillée visant à satisfaire à toutes les exigences en matière d'infrastructure et de coûts associés. La décision de mettre à exécution le programme était basée sur une bonne compréhension de ses implications financières. L'élaboration d'un programme électronucléaire nécessite un investissement solide et des stratégies d'atténuation des risques. Le succès de notre programme est dû à l'engagement solide de notre gouvernement, à un modèle économique viable, à une large acceptation par le public et à une coopération et un appui internationaux forts, notamment de la part de l'AIEA.

Q : Quelle assistance l'AIEA a-t-elle fournie dans ce processus ?

R : L'AIEA a fourni des orientations relatives à la mise au point de notre infrastructure nucléaire nationale. Notre planification était basée sur l'approche par étapes de l'AIEA, dans le cadre de laquelle celle-ci a mené huit missions d'examen dans divers domaines et à différentes étapes du programme. De plus, les

rapports de ces missions d'examen ont été rendus publics, ce qui a contribué à renforcer la confiance des parties prenantes et du public dans le programme.

Q : Comment la coopération avec l'AIEA va-t-elle évoluer une fois que la centrale de Barakah sera connectée au réseau d'électricité ?

R : Nous allons naturellement nous tourner vers des domaines plus avancés relatifs à la mise en service et à la sûreté d'exploitation, mais nous serons encore intéressés par l'appui technique et les missions d'examen par des pairs.



L'attachement des Émirats arabes unis aux normes les plus strictes de transparence opérationnelle, de sûreté, de sécurité et de non-prolifération, ainsi que notre coopération avec l'AIEA, ont permis à notre programme de servir de modèle à de nombreux pays qui se lancent dans l'électronucléaire. Nous nous réjouissons à la perspective de partager notre expérience avec d'autres États Membres de l'AIEA.



La centrale nucléaire de Barakah, aux Émirats arabes unis.

(Photo : AIEA)

Q : Comment un pays peut-il mettre en place une autorité de réglementation nucléaire solide lorsqu'il élabore un programme électronucléaire ?

R : Un organisme de réglementation de la sûreté nucléaire compétent est fondamental pour la réussite de tout programme électronucléaire. Nous avons commencé par établir le cadre adéquat grâce à une législation nucléaire complète, qui donne à l'organisme de réglementation les pouvoirs, l'indépendance et les ressources dont il a besoin pour pouvoir s'acquitter de son mandat. Nous avons ensuite établi des capacités en matière de réglementation, en mettant l'accent sur le maintien des compétences nécessaires. Pour cela, d'une part, nous engageons des experts externes qui ont une expérience internationale et, d'autre part, nous formons des experts locaux et développons leurs compétences. Nous nous coordonnons également avec le secteur industriel afin que la mise en place de capacités en matière de réglementation devienne un processus graduel directement lié à l'avancement du projet et à son calendrier. Nous avons aussi bénéficié de l'appui précieux du pays d'origine du réacteur et de celui d'autres organismes d'appui technique reconnus à l'échelle internationale.

Q : Un personnel étranger a joué un rôle important dans le développement nucléaire des Émirats arabes unis. Comment le pays va-t-il s'assurer la disponibilité à long terme d'un personnel compétent dans ce secteur ?

R : La création de capacités nationales durables constitue un défi pour tout pays ayant recours au nucléaire. Quand ils mettent en place un projet nucléaire, les États primo-accédants ont inévitablement besoin de s'appuyer sur du personnel et des compétences étrangers, en particulier au début du projet. Afin de s'assurer de la disponibilité d'effectifs suffisants lors de toutes les phases du programme nucléaire, les Émirats arabes unis ont élaboré une stratégie solide en matière de ressources humaines, qui permet de déterminer qualitativement et quantitativement les compétences nécessaires. Il s'agit d'une approche intégrée qui comprend des bourses ainsi qu'une formation en cours d'emploi et un mentorat. L'autonomisation des jeunes et la création de capacités sont de grandes priorités de notre politique.

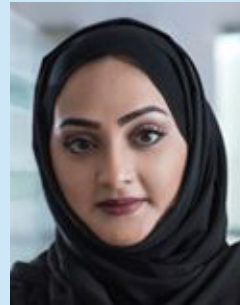
Q : Qu'est-ce qui a poussé les Émirats arabes unis à accueillir la Conférence ministérielle internationale de l'AIEA sur l'électronucléaire au XXI^e siècle ?

R : En 2012, les Émirats arabes unis étaient le premier État primo-accédant en près de 30 ans à entreprendre la construction d'un réacteur nucléaire de puissance. Cela constitue une particularité intéressante du pays aux yeux de nombreux États Membres. L'appui que nous avons reçu pour l'accueil de cette

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Shaima Al-Mansoori

Directrice de l'éducation et de la formation à l'Autorité fédérale de réglementation nucléaire des Émirats arabes unis (FANR)



Shaima Al-Mansoori est responsable de la création de capacités, de la gestion des connaissances et de la formation aux opérations à la FANR. Sous sa direction, le Département de l'éducation et de la formation a amélioré le développement des capacités du personnel et des experts émiratis travaillant dans les domaines du développement

des compétences, de la succession, de la recherche-développement, de la gestion des connaissances, des certifications techniques et de l'organisation des carrières. Shaima Al-Mansoori est entrée à la FANR en 2009 et y a joué un rôle important dans la mise en place du département, en collaboration avec des experts dans le domaine de la création de capacités.

« Accroître la place des femmes dans le domaine du nucléaire constitue une partie essentielle de notre travail à la FANR. Nous avons mis au point des programmes spéciaux destinés à faire en sorte que nos collègues féminines aient les compétences et les connaissances nécessaires pour exploiter au mieux leurs capacités. Le personnel de la FANR est actuellement constitué de 213 employés, dont plus de 38 % sont des femmes des Émirats arabes unis. Quarante-deux d'entre elles occupent des fonctions importantes dans les domaines de la sûreté et de la sécurité nucléaires, ainsi que des garanties, entre autres. »

conférence témoigne de la reconnaissance des efforts fructueux menés et de l'approche responsable adoptée par les Émirats arabes unis dans l'élaboration d'un programme nucléaire pacifique. De plus, la conférence constitue un cadre important permettant de débattre des rôles actuel et futur de l'électronucléaire dans le développement durable et l'atténuation des changements climatiques. Les Émirats arabes unis se réjouissent d'accueillir des débats si opportuns, étant donné notre attachement ferme à l'énergie propre et le rôle important que vont jouer le nucléaire, le solaire et d'autres sources d'énergie propre dans le bouquet énergétique de notre nation à l'avenir.

La Chine, producteur d'énergie d'origine nucléaire au développement le plus rapide au monde

Par Laura Gil



Cette imposante structure arrondie, appelée « le dôme », n'est qu'une partie de la centrale nucléaire de Fuqing (Chine), actuellement en construction.

(Photo : M. Klengenboeck/AIEA)

La Chine compte 38 réacteurs de puissance en exploitation et 19 en chantier¹. Le nombre de ses réacteurs en exploitation a été multiplié par 10 depuis 2000 et, au cours de la seule année 2017, l'exploitation commerciale de cinq nouvelles tranches devrait commencer. Ainsi, la Chine est le pays producteur d'énergie d'origine nucléaire qui connaît le développement le plus rapide au monde.

« La Chine est un grand pays. La demande en énergie y est plus importante que dans d'autres pays, mais il y a aussi plus de place pour produire de l'énergie d'origine nucléaire », explique Zheng Mingguang, président de l'Institut de recherche et de conception en ingénierie nucléaire de Shanghai (SNERDI).

La Chine est tout en haut dans la liste des pays qui développent des programmes nucléaires. Elle est suivie de la Russie, de l'Inde et de la République de Corée, qui ont respectivement sept, six et trois réacteurs en chantier. À ce jour, les pays qui comptent le plus grand nombre de réacteurs en exploitation sont les États-Unis, la France, le Japon et la Chine.

Essayant de réduire le recours au charbon, qui pollue l'atmosphère et est difficile à transporter depuis les mines de l'ouest et du nord du pays jusqu'à la côte sud-est, développée économiquement, la Chine construit la plupart de ses réacteurs nucléaires le long de cette côte. Grâce au nucléaire, le pays entend améliorer sa sécurité énergétique, diminuer son recours

au charbon et au pétrole et limiter ses émissions de CO₂, tout en maintenant sa croissance économique.

Une mise à l'essai pour le monde entier

Plusieurs des 19 réacteurs en construction en Chine sont des modèles avancés. « L'industrie nucléaire a les yeux rivés sur la Chine alors que celle-ci met en exploitation les premiers réacteurs AP1000 à Sanmen et à Haiyang », indique Nesimi Kilic, ingénieur nucléaire à l'AIEA. Le réacteur Sanmen-1 devrait être achevé d'ici 2018. L'EPR de Taishan devrait aussi être mis en exploitation commerciale en 2018. « Après la mise en exploitation du Sanmen-1, d'autres réacteurs pourraient être construits sur le même modèle dans d'autres pays », explique Nesimi Kilic. « La Chine fait figure de précurseur pour le monde entier », fait-il remarquer.

L'économie du secteur nucléaire

Il est prévu que l'autorité chinoise de réglementation de l'énergie, l'Administration nationale de l'énergie, fixe comme objectif que le pays atteigne une capacité nucléaire de 120 à 150 gigawatts d'ici 2030, alors que celle-ci est d'environ 38 gigawatts en 2017. D'après des experts chinois, l'énergie d'origine nucléaire est compétitive sur le plan économique en raison de sa production à grande échelle.

¹Ces chiffres ne tiennent pas compte des six tranches en exploitation et des deux en construction à Taïwan (Chine).

« Le système en place est complet et bien établi en ce qui concerne non seulement la conception mais aussi la fabrication, l'assurance de la qualité, la sûreté et la construction », souligne Zheng Mingguang. « C'est la raison pour laquelle l'électronucléaire est économiquement viable en Chine », ajoute-t-il.

« Le développement de la technologie à l'échelon local, c'est-à-dire la conception et la fabrication dans le pays, donne à la Chine un avantage et permet une telle expansion », explique Nesimi Kilic. Le pays dispose des installations, de la technologie et des capacités de ressources humaines nécessaires.

Un développement à l'étranger

La Chine a des ambitions internationales et prévoit d'exporter des réacteurs nucléaires de puissance.

« Grâce aux avancées technologiques, l'économie de l'électronucléaire pourrait s'améliorer dans les années à venir », affirme Zheng Mingguang, qui ajoute qu'il est essentiel que les pays s'entraident. La Chine partage déjà les bonnes pratiques tirées de son expérience par l'intermédiaire de l'AIEA.

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Rong Fang

Économiste en chef, Corporation nationale de la technologie de l'énergie nucléaire (SNPTC)



Au cours des 32 dernières années, Rong Fang s'est consacrée au développement de l'industrie nucléaire chinoise et a exercé des fonctions de direction dans des instituts de recherche et de conception nucléaires, dans des centrales nucléaires, chez des fabricants de matériel nucléaire et au sein de compagnies nucléaires nationales. Elle a achevé la conception de plusieurs grands projets de génie nucléaire, contribué à la planification de l'expansion de l'industrie nucléaire en Chine et facilité la création de plusieurs entreprises nucléaires, notamment d'ingénierie, d'exploitation et de gestion du combustible pour des projets électronucléaires concernant le réacteur AP1000. C'est la première femme de Chine continentale à avoir reçu le prix « Women in Nuclear » en 2017.

« Les mesures prises par la Chine pour développer l'électronucléaire sont nécessaires pour veiller à la sécurité énergétique, améliorer la structure du secteur de l'énergie et lutter contre les changements climatiques. Je crois que, dans le cadre du développement de l'électronucléaire, la Chine continuera à suivre la stratégie des trois étapes, à savoir le réacteur à eau sous pression, le réacteur à neutrons rapide et le réacteur de fusion. De plus, la technologie avancée des réacteurs passifs à eau sous pression de troisième génération sera la plus répandue en Chine continentale au cours des prochaines décennies. »



Le personnel de la centrale nucléaire de Fuqing (Chine) reçoit des instructions.

(Photo : Compagnie nucléaire nationale chinoise, Compagnie électronucléaire de Fuqing)

Financement et gestion des risques liés à l'électronucléaire : le modèle du Royaume-Uni

Par Jennet Orayeva



Des travailleurs sur le site de construction de la centrale Hinkley Point C.

(Photo : EDF Energy)

Les centrales nucléaires ont une longue durée de vie et leurs coûts de fonctionnement sont faibles, mais elles nécessitent des dépenses d'investissement élevées en amont, et les étapes de planification et de construction sont longues. Par conséquent, la rentabilité des centrales nucléaires est étroitement liée au coût de financement et aux dépassements, et tout retard pris dans les projets peut s'avérer coûteux. Réussir le financement d'une centrale n'est pas une tâche facile, et cela nécessite généralement un engagement important du gouvernement.

Auparavant, il était d'usage de répercuter une grande partie des coûts de construction et d'exploitation des centrales nucléaires sur les consommateurs d'électricité, grâce à des tarifs réglementés, afin de réduire au minimum le risque d'exposition des prêteurs, des investisseurs et des exploitants à la fluctuation des prix. Cette méthode classique était appliquée dans la plupart des marchés de l'électricité avant la libéralisation, quand bon nombre de services publics étaient des monopoles intégrés assurant la production, le transport, la distribution et la commercialisation, et le niveau d'intervention des gouvernements en matière de réglementation était élevé.

Cependant, la libéralisation des marchés, qui a commencé dans les années 1990 dans les pays développés, a conduit à une hausse des prix et à une incertitude quant aux recettes, causant chez les prêteurs et les investisseurs une réticence à engager les ressources importantes nécessaires à la construction d'une centrale nucléaire.

Du fait de cette réticence, les parties prenantes ont adopté des approches innovantes en matière de partage des risques liés à des projets électronucléaires, lesquelles visaient à fournir des assurances supplémentaires aux prêteurs potentiels et à réduire les coûts d'investissement. Celles-ci comprennent notamment la réduction de la volatilité des recettes par la garantie des prix de l'électricité et la mise en place de diverses formes de garanties gouvernementales.

Renouvellement du secteur de l'électronucléaire : l'importance du modèle britannique

Environ 20 % de l'électricité produite au Royaume-Uni est d'origine nucléaire.

Dans le contexte plus large de sa réforme du marché de l'électricité, le Gouvernement britannique a décidé de continuer à s'appuyer sur le nucléaire plutôt que de compter uniquement sur le gaz et les sources d'énergie renouvelable, et cherche à remplacer son parc nucléaire existant.

À ce jour, les développeurs ont élaboré des propositions ou des plans relatifs à 11 réacteurs répartis sur six sites. La centrale Hinkley Point C a déjà franchi plusieurs étapes du processus décisionnel et devrait être mise en exploitation au début des années 2020.

Le modèle britannique comporte trois mécanismes principaux d'appui au secteur nucléaire : une garantie des prix appelée « contrat de différence », un mécanisme de garanties gouvernementales et un mécanisme limitant l'exposition des investisseurs aux coûts de stockage des déchets radioactifs de haute activité, dont le combustible nucléaire usé.

Le contrat de différence

Le contrat de différence consiste à fixer un prix garanti, soutenu par le consommateur, de l'électricité produite grâce à des technologies sobres en carbone. Selon les termes de son contrat de différence, une fois opérationnelle, la centrale Hinkley Point C se verra reverser la différence entre un « prix d'exercice » (prix de l'électricité tenant compte du coût de l'investissement dans une technologie sobre en carbone particulière) et le « prix de référence » (correspondant au prix moyen de l'électricité sur le marché du Royaume-Uni), sur

la base du nombre de mégawattheures. Quand le prix moyen sur le marché (prix que l'exploitant d'une centrale comme Hinkley Point C pourrait espérer obtenir de la vente directe de son électricité sur le marché) est inférieur au prix d'exercice, l'exploitant reçoit un versement complémentaire correspondant à la différence. Au contraire, quand le prix moyen sur le marché est supérieur au prix d'exercice, le producteur doit rembourser la différence.

« Dans le cas du projet Hinkley Point C, le contrat de différence atténue considérablement le risque de marché auquel les prêteurs et les investisseurs sont exposés », indique Anurag Gupta, directeur et chef de la Section monde pour l'infrastructure énergétique et la finance chez KPMG.

Le contrat de différence donne aux producteurs d'électricité une plus grande sécurité et une plus grande stabilité de revenus en réduisant leur exposition à la volatilité des prix de gros, tout en évitant aux consommateurs de payer des coûts d'appui plus élevés qu'il n'est nécessaire quand les prix de l'électricité sont hauts.

« Grâce à cette plus grande stabilité des prix, les investisseurs et les prêteurs peuvent modéliser le projet, ce qui leur permet de prendre des décisions en meilleure connaissance de cause », explique Paul Murphy, directeur général de Gowling WLG. « De plus, investir sur 35 ans, plutôt que sur 20 ans comme c'est généralement le cas, favorise encore l'investissement en actions à long terme ainsi que les options de refinancement », ajoute-t-il.

Le mécanisme de garantie du Royaume-Uni

Le mécanisme de garantie du Royaume-Uni est un mécanisme mis en place par le Gouvernement britannique pour permettre un rehaussement de crédit grâce à des garanties d'emprunt. Il a été mis en œuvre en 2010 avec un budget de 40 milliards de livres sterling en garanties, devant être investies dans un éventail de catégories d'infrastructures britanniques, dont les infrastructures de l'énergie et du transport ainsi que les infrastructures sociales. Le projet Hinkley Point C bénéficie d'un appui dans le cadre de ce mécanisme (garanties d'emprunts jusqu'à deux milliards de livres sterling).

« Il est intéressant de constater que le Gouvernement britannique a conclu, après des années d'analyse, que même dans un marché ayant une longue histoire en matière d'électronucléaire civil, l'appui du gouvernement restait nécessaire pour faciliter le développement de l'électronucléaire », fait remarquer Paul Murphy.

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Helen Cook

Conseillère juridique, Shearman & Sterling LLP



Helen Cook conseille ses clients sur l'élaboration et la mise en œuvre de programmes électronucléaires civils, ainsi que sur l'acquisition, la construction et le financement de nouvelles centrales nucléaires et des installations et transactions liées au combustible nucléaire associées. Elle est l'auteur

de l'ouvrage intitulé *The Law of Nuclear Energy* et la présidente du groupe de droit de l'Association nucléaire mondiale. Son nom a récemment été inscrit dans la liste des étoiles montantes de Washington D.C. établie par le National Law Journal, liste qui recense les 40 avocats de moins de 40 ans les plus prometteurs de Washington D.C.

« Pour que l'avenir de l'industrie nucléaire mondiale soit assuré, il faut que les projets électronucléaires attirent de nouvelles sources financières. Pour cela, il convient de gérer le profil de risque unique et très complexe des centrales nucléaires, qui comprend à la fois des risques financiers et des risques liés à la réputation. Il faut aussi être conscient du fait que la nature de ces risques change tout au long du projet. »

Limiter l'exposition des investisseurs aux coûts du stockage définitif des déchets de haute activité

L'une des principales difficultés liées à l'électronucléaire est l'incertitude concernant les coûts du stockage définitif des déchets de haute activité, notamment le combustible nucléaire usé. Le Gouvernement britannique a mis en place un mécanisme visant à plafonner efficacement ces coûts, et à réduire ainsi l'exposition des exploitants au risque d'une escalade des coûts. Le mécanisme est fondé sur l'établissement d'une limite supérieure (plafond) du prix de transfert des déchets qu'un exploitant devra payer pour que le Gouvernement britannique prenne en charge les déchets de haute activité (ainsi que la responsabilité de leur stockage définitif).

« En fixant un plafond pour le prix du transfert des déchets, le Gouvernement britannique a rassuré les investisseurs potentiels au sujet d'un risque très difficile à quantifier associé au projet », explique Paul Warren, ingénieur nucléaire principal à la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA.

Encourager les carrières dans le secteur nucléaire : la stratégie du Royaume-Uni pour disposer de personnel à long terme

Par Oleksandra Gudkova



Des travailleurs à Sellafield.

(Photo : NDA)

Pour répondre au manque de compétences qui s'accroît en raison du départ à la retraite du personnel de l'industrie nucléaire, le Royaume-Uni élabore des stratégies visant à développer les compétences des jeunes et à encourager ceux-ci à faire carrière dans le secteur.

« Le Royaume-Uni connaît une véritable renaissance du secteur nucléaire », affirme Lynne Matthews, responsable de la stratégie éducation et compétences chez EDF Energy. « Nous devons nous assurer que nous disposons des compétences nécessaires à la construction, à l'exploitation et au déclassement des centrales tant existantes que futures », poursuit-elle.

Des moyens de combler le manque de compétences consistent à faire mieux connaître le nucléaire au public et à favoriser son acceptation grâce à des programmes et à des activités, ainsi qu'à donner envie aux jeunes de se destiner à une carrière dans ce secteur.

Le nucléaire expliqué aux enfants

Le « Pod » est un programme éducatif mis en place par EDF Energy, premier producteur d'électricité à bas carbone au Royaume-Uni. Il fournit gratuitement du matériel pédagogique destiné aux enfants et aux adolescents âgés de 4 à 14 ans sur les thèmes de l'énergie, des déchets, de l'eau, du transport, de la biodiversité et des changements climatiques.

EDF Energy a élaboré ce programme en 2008 pour pouvoir atteindre l'objectif d'inscrire 2,5 millions d'enfants à des programmes éducatifs sur une utilisation durable de l'énergie en 2012. Actuellement, plus de 22 000 établissements scolaires, ce qui représente plus de dix millions d'enfants et

32 000 enseignants, y sont inscrits. Plus de 200 établissements scolaires de 54 autres pays y participent aussi.

« Le 'Pod' propose, par exemple, des idées de jeux ou de concours dont les enseignants peuvent se servir en classe. Cette approche interactive permet aux élèves d'apprendre en s'amusant sur les thèmes du développement durable et de l'économie d'énergie », explique Lynne Matthews.

« Nous commençons avec les écoles primaires et nous allons développer le programme jusqu'au niveau universitaire. Nous organisons aussi des visites de sites nucléaires afin de dissiper les idées reçues sur le nucléaire. Nous souhaitons encourager à l'ouverture, à la transparence et à la confiance », précise-t-elle.

Dans le cadre de ses activités éducatives, EDF Energy permet aux jeunes de s'inscrire à des ateliers de formation et à des programmes d'enseignement supérieur de premier et de deuxième cycles. Les étudiants ont ainsi la possibilité de compléter leur formation universitaire tout en acquérant une expérience de terrain. Ils acquièrent aussi les compétences nécessaires pour réussir une carrière dans l'industrie nucléaire.

Stratégies nationales ciblées

D'autres activités sont menées au niveau national. Le groupe sur la stratégie en matière de compétences nucléaires (NSSG) du Royaume-Uni a été créé pour coordonner les efforts des principaux acteurs du secteur. Il a élaboré un plan d'action clair, comprenant des initiatives collaboratives qui visent à attirer un personnel du nucléaire, à le développer et à le mobiliser. Chacune de ces initiatives est parrainée par des organisations du secteur, les organismes publics jouant aussi un rôle.

La stratégie en matière de personnel de l'Autorité du déclassé nucléaire, qui s'appuie sur le Plan stratégique du NSSG, vise à s'assurer que le secteur du déclassé du Royaume-Uni possède les compétences et les capacités nécessaires pour remplir sa mission.

« La stratégie couvre différents aspects. Il s'agit aussi bien de rendre le secteur attractif pour les jeunes, grâce à des interventions ciblées menées dans les établissements scolaires et au développement de programmes d'apprentissage adaptés, que de développer et de redéployer les compétences pour s'assurer qu'elles ne quittent pas le secteur », indique Beccy Pleasant, responsable compétence et talent à l'Autorité du déclassé nucléaire.

Un autre programme a été mis en place par Sellafield, le site de retraitement du combustible et de déclassé du pays. « Il offre des contrats d'apprentissage dans le secteur nucléaire à des jeunes qui ne souhaitent pas aller à l'université », indique Beccy Pleasant. « Ce ne sont que quelques exemples du travail mené par l'Autorité du déclassé nucléaire pour assurer la disponibilité continue d'un personnel de qualité en charge du déclassé », ajoute-t-elle.

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Helena Zhivitskaya

Vice-recteur de l'Université d'État d'informatique et de radioélectronique du Bélarus, secrétaire scientifique du Réseau régional de formation théorique et pratique dans le domaine de la technologie nucléaire (STAR-NET)



Helena Zhivitskaya, qui a plus de 15 années d'expérience en direction, supervise le contrôle de la qualité et l'élaboration des programmes d'études, notamment du programme diplômant « Système de contrôle-commande de centrales nucléaires ». Elle compte parmi les principaux contributeurs au « Programme bélarussien de formation à

l'électronucléaire 2008-2020 ». Elle est l'auteur de plus de 170 publications et travaux scientifiques, dont quatre monographies et 11 manuels. Elle fait partie des personnes qui ont été à l'initiative de la création du Réseau régional de formation théorique et pratique dans le domaine de la technologie nucléaire (STAR-NET) et qui contribuent à son bon fonctionnement.

« Le développement sûr de l'énergie nucléaire est essentiel pour résoudre les problèmes liés à l'énergie auxquels la société doit faire face. À l'ère de la mondialisation et du progrès rapide, la nouvelle génération de professionnels de la technologie nucléaire doit développer constamment ses connaissances, sa créativité et sa propension à l'innovation. Il est indispensable de mieux informer le public des avantages énormes qu'offre l'énergie nucléaire, et d'améliorer ainsi l'image qu'ont de celle-ci les non-professionnels, afin d'attirer un personnel hautement qualifié. »

Un programme d'étude en sciences nucléaires élaboré par l'AIEA

Il est possible de rendre les carrières dans le nucléaire plus attractives grâce à l'outil « Compendium » de l'AIEA, qui vise à faire mieux connaître et mieux aimer les sciences nucléaires auprès des jeunes.

Cet outil, testé par l'AIEA et des experts de l'éducation de plusieurs pays, propose des stratégies et du matériel d'enseignement qu'on ne trouve nulle part ailleurs pour présenter la science et la technologie au sein du système éducatif.

Élaboré dans le cadre d'un projet de coopération technique de l'AIEA, il a été mis au point avec l'appui technique d'experts d'Australie, des États-Unis, de Finlande, d'Inde, d'Israël, du Japon, de la République de Corée et du Royaume-Uni. Le projet a permis de rassembler des programmes et des activités extra-scolaires destinés aux enseignants du secondaire et ayant pour but d'éveiller la curiosité des élèves et de mieux leur faire connaître les sciences nucléaires.

Le manuel ainsi constitué propose des thèmes liés au nucléaire s'adressant aux élèves du secondaire. Les contenus étant présentés sous la forme de modules, les élèves et les enseignants peuvent choisir les activités qui correspondent à leurs besoins.

Un projet pilote utilisant ce manuel a été lancé en 2015 aux Émirats arabes unis, en Indonésie, en Malaisie et aux Philippines, et il est envisagé d'en lancer un dans d'autres pays, notamment en Jordanie, à Sri Lanka et en Thaïlande, si ceux-ci en font la demande.

Les réacteurs de nouvelle génération : des outils sûrs et économiques pour une énergie durable

Par Matthew Fisher

L'industrie nucléaire pourrait bénéficier d'une nouvelle génération de réacteurs, conçus en vue de créer des centrales nucléaires intrinsèquement plus sûres et plus efficaces. Ces réacteurs pourraient contribuer au développement d'une énergie nucléaire plus durable et être utilisés dans des applications industrielles variées.

Les réacteurs avancés : une performance et des caractéristiques de sûreté inégalées

La nouvelle génération de réacteurs a été conçue de manière à remplir plusieurs critères de référence en matière de performance, de sûreté et de fiabilité. Les petits réacteurs modulaires (PRM), par exemple, sont des réacteurs avancés qui peuvent générer jusqu'à 300 MW d'électricité et dont les composants peuvent être transportés sur le site de l'installation sous forme de modules préfabriqués.

« Grâce à leur modèle de construction préfabriqué et à leur petite taille, les PRM impliquent des coûts d'investissement inférieurs à ceux des grands réacteurs classiques actuellement en construction ou en exploitation », explique Stefano Monti, chef de la Section du développement de la technologie électronucléaire de l'AIEA. « De plus, il est prévu que la période de construction soit plus courte car, les modules étant préfabriqués, il suffit de les emporter sur le site d'installation pour les y assembler. Par ailleurs, les PRM sont moins sujets aux accidents graves, car ils ont été conçus de manière à ce que la fréquence d'endommagement du cœur soit réduite », ajoute-t-il.

Ces modèles de réacteurs avancés permettent d'élargir les domaines d'utilisation de l'énergie nucléaire. Jusqu'à présent, cette dernière servait principalement à produire de l'électricité,

mais il existe un large éventail d'applications non électriques pour lesquelles la nouvelle génération de réacteurs pourrait convenir.

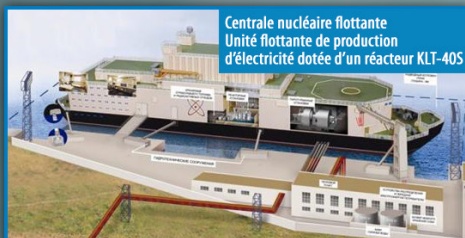
« Les avantages qu'offre l'énergie nucléaire ne devraient pas être restreints à la production d'électricité, mais d'autres applications, comme la production de chaleur, devraient être visées », déclare François Gauché, président du Forum international Génération IV et directeur de l'énergie nucléaire au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives. « Le concept des petits réacteurs modulaires s'appuie sur la recherche de plus petites unités, d'une construction modulaire, d'une conception simplifiée et d'une sûreté démontrée, en vue de gagner en flexibilité et de faciliter les décisions d'investissement », poursuit-il.

Plusieurs pays sont en train d'élaborer et de concevoir la nouvelle génération de réacteurs, et quatre PRM sont déjà en construction en Argentine, en Chine et en Russie.

Des réacteurs innovants pour une énergie durable

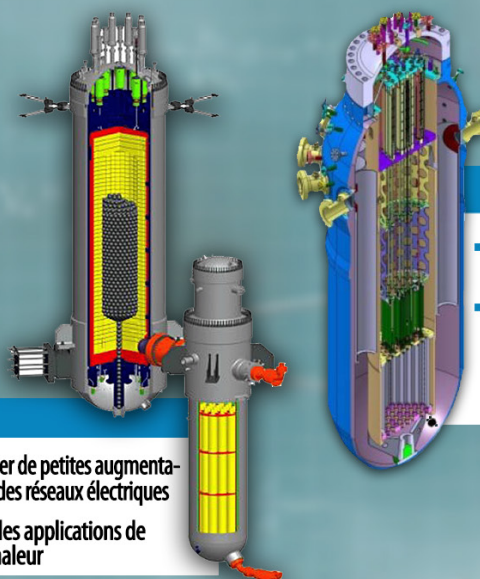
Le réacteur à haute température et lit de boulets (HTR-PM), réacteur refroidi par gaz le plus avancé à ce jour, est actuellement en construction en Chine. « Ce réacteur modulaire est conçu pour optimiser l'efficacité énergétique et est idéal pour effectuer de petites augmentations de capacité des réseaux électriques », explique Yuliang Sun, directeur adjoint et ingénieur en chef adjoint à l'Institut de technologie de l'énergie nucléaire et des énergies nouvelles de l'Université de Tsinghua. Ce type de réacteur convient également à l'application de cogénération d'électricité et de chaleur, en particulier pour la production de chaleur à des niveaux de température plus élevés.

Les réacteurs du futur



KLT-40S:

- Réacteur de puissance flottant
- Peut être transporté jusqu'à des zones éloignées en vue de la production de chaleur et d'électricité



(Infographie : F. Nassif/AIEA)

Un réacteur à eau sous pression (REP) intégré, le CAREM, est en construction en Argentine. Sa mise en service est prévue d'ici la fin de 2018. La conception de ce PRM inclut des éléments de sûreté qui ne nécessitent pas d'action du personnel responsable du réacteur, notamment la capacité d'arrêt automatique en cas de détection d'un problème dans le réacteur.

Le KLT-40S, réacteur de puissance flottant en construction en Russie, constitue un cas tout à fait particulier. Ce type de réacteur pourrait servir à produire de la chaleur et de l'électricité, ainsi qu'à alimenter en électricité des consommateurs isolés dans des zones lointaines. Le RITM-200, également en construction en Russie, doit servir à la propulsion marine d'un brise-glace, mais peut aussi être utilisé comme PRM terrestre ou monté sur une barge, en vue de la production de chaleur et d'électricité.

Des réacteurs à neutrons rapides pour une énergie nucléaire plus efficace

Les réacteurs à neutrons rapides sont conçus pour produire 60 à 70 fois plus d'énergie à partir d'uranium que les réacteurs à neutrons thermiques de la génération actuelle. Ces réacteurs, qui recyclent le combustible usé et utilisent des neutrons « rapides » (neutrons résultant de la fission non ralentis par un modérateur), sont donc très efficaces, produisent beaucoup moins de déchets nucléaires et offrent de nombreuses possibilités d'applications non électriques de l'énergie nucléaire, en particulier dans des processus industriels.

Le seul réacteur à neutrons rapides exploité à des fins commerciales est le réacteur russe BN-800. Il a été connecté au réseau électrique en décembre 2015, fonctionne avec du combustible à mélange d'oxydes et possède des caractéristiques de sûreté avancées. De plus, il consomme très peu de combustible.

« Le réacteur BN-800 constitue une nouvelle étape vers la pleine commercialisation des réacteurs à neutrons rapides, qui pourront concurrencer les réacteurs à eau sous pression en matière de coût », explique Vyacheslav Pershukov, directeur général adjoint de Rosatom.

L'AIEA appuie les progrès de ces technologies innovantes et accueille en particulier une série de conférences sur les nouvelles technologies de réacteurs dans le cadre du développement durable. En juin 2017, elle a organisé à Iekaterinbourg (Russie) la troisième Conférence internationale sur les réacteurs à neutrons rapides et les cycles du combustible connexes. Ces événements rassemblent un large éventail de professionnels du domaine, qui débattent de la meilleure manière d'utiliser les nouveaux modèles de réacteurs en vue de l'approvisionnement en énergie propre et durable.

De nouveaux modèles pour répondre à de nouveaux défis

Les PRM présentent de nombreux avantages, mais certaines difficultés liées à leur mise en œuvre subsistent. « Étant donné

FEMMES DU NUCLÉAIRE

Patricia Paviet

Directrice, Bureau des matières et des technologies chimiques, Ministère de l'énergie des États-Unis



Patricia Paviet supervise les activités de recherche-développement liées à la partie terminale du cycle du combustible nucléaire, notamment la récupération des matières et le développement des formes de déchets, la protection des matières, l'obligation de rendre compte et les technologies de contrôle. Avant de rejoindre le Ministère de l'énergie

des États-Unis, elle a été directrice adjointe de l'Institut des sciences et techniques nucléaires pour l'enseignement et la recherche sur le cycle du combustible au Laboratoire national de l'Idaho. Elle y était responsable du renforcement des partenariats de l'université et de leur extension dans des domaines tels que la science des actinides, les séparations, les garanties et l'instrumentation. Patricia Paviet est la présidente de l'équipe spéciale d'enseignement et de formation du Forum international Génération IV.

« La vigueur, la prospérité et la durabilité futures du cycle du combustible nucléaire dépendent de la formation d'ingénieurs du nucléaire, de scientifiques et de radiochimistes spécialisés. Nous aurons également besoin d'idées nouvelles et de solutions innovantes. L'enseignement et la formation doivent être des priorités, afin non seulement de répondre au défi du maintien d'un personnel solide et bien formé, mais aussi d'assurer la croissance prévue dans ce domaine. »

que les PRM n'ont pas encore été mis en service, il reste encore à consolider une infrastructure réglementaire spécifique à ces réacteurs », explique Stefano Monti. « Se doter d'une seule salle de commande pour tous les modules d'une installation comportant des PRM constitue un autre défi. Il n'existe à ce jour aucune infrastructure de ce type et la mise en place réussie d'une telle salle pourrait aider à rationaliser le fonctionnement des réacteurs », ajoute-t-il. Il conclut en notant que, bien que l'octroi d'autorisations relatives à des PRM risque de prendre davantage de temps au début, le processus devrait s'accélérer considérablement une fois qu'un cadre réglementaire sera bien établi.

Les sept secrets d'une énergie nucléaire à bas coût

Par Michael Shellenberger



Michael Shellenberger est le président de Environmental Progress, organisation indépendante de recherche et de politique située à Berkeley, en Californie (États-Unis). Cet article est issu de son nouveau rapport, intitulé « Les sept secrets d'une énergie nucléaire à bas coût ».

(Photo: M. Shellenberger)

Les promoteurs de centrales nucléaires présentent souvent un nombre déconcertant d'arguments de vente aux ministres de l'énergie et aux autres décideurs politiques. Ainsi, de nombreux pays ont pris de mauvaises décisions, qui ont entraîné de longs retards dans la construction et des dépassements de coûts. Cela a été le cas, par exemple, aux États-Unis, en Finlande, en France, en Chine, en Inde et au Royaume-Uni.

Heureusement, il existe chez les économistes et les experts en énergie un très large consensus sur les moyens permettant de faire du nucléaire une énergie compétitive. Ce consensus s'appuie sur des données relatives aux coûts de construction et d'exploitation dans des pays du monde entier, sur une période de plus de 40 ans.

Créer un consensus national autour d'un plan énergétique à long terme. Les programmes nucléaires nécessitent non pas quelques années, mais des décennies pour aboutir. Cela signifie qu'ils doivent bénéficier de l'appui national solide de l'ensemble de la classe politique, afin que la construction de la centrale nucléaire ne soit pas interrompue par des changements de gouvernement qui empêcheraient le pays d'atteindre l'objectif d'une production d'électricité assurée à 20, à 40, voire à 80 %, par le nucléaire. L'obtention de ce consensus requiert que soit établie la nécessité de l'utilisation de l'énergie

nucléaire pour des raisons liées à l'économie, à la sécurité et à l'environnement. Il doit également exister un consensus autour de la relative sûreté du nucléaire, qui est la préoccupation principale de toutes les parties.

Associer le public. Comme toutes les technologies, l'électronucléaire doit bénéficier du soutien du public afin de perdurer et de prospérer. Dans les pays développés comme dans ceux en développement, la plupart des personnes ont peu de connaissances en matière d'énergie et se méfient du nucléaire, bien qu'il s'agisse du moyen le plus sûr de produire de l'électricité. L'association du public n'est donc pas une option, mais une nécessité. Les efforts d'association du public doivent reposer sur une approche scientifique établie à partir des meilleurs travaux de recherche disponibles en psychologie, en sociologie et dans le domaine de l'opinion publique.

Concevoir un modèle unique standard. La France et la Corée du Sud ont montré que seule l'expérience, fondée sur la pratique, pouvait permettre aux équipes de construction de réduire le temps et le coût de construction des réacteurs et des centrales. Des changements mineurs peuvent être effectués d'un modèle à l'autre, comme par exemple l'augmentation de la taille d'un réacteur ou l'ajout de dispositifs de sûreté, mais la conception du cœur du réacteur doit rester la même.

La centrale nucléaire de Civeaux (France).

(Photo: EDF)





Des responsables expérimentés supervisent la construction de la centrale nucléaire à plusieurs tranches de Shin Kori.

(Photo : M. Shellenberger)

Centraliser la construction en faisant appel à un seul constructeur expérimenté. Une seule personne doit être habilitée à superviser tous les aspects de la construction au sein d'une seule institution. Cette personne devrait être expérimentée, bénéficier de la confiance des décideurs, être tenue à l'obligation de rendre compte et être investie de pouvoirs lui permettant de soumettre à son tour les personnes participant au projet à l'obligation de rendre compte. Toutes les parties doivent également être tenues responsables en vue du contrôle des coûts.

Construire grand. Malgré l'engouement récent pour les modèles de centrales réduits, l'expérience montre que les centrales nucléaires qui ont une puissance de sortie élevée produisent une électricité moins chère que celle produite par les centrales ayant une puissance de sortie plus faible. Ceci est principalement dû au fait que le coût lié aux travailleurs supplémentaires nécessaires à l'exploitation de plus gros réacteurs est pleinement compensé grâce à une puissance de sortie plus élevée. Cela est aussi valable lorsque le coût de construction de réacteurs plus gros est légèrement plus élevé, car il est alors compensé grâce à l'augmentation du rendement. Les centrales plus petites sont mieux adaptées aux pays plus petits, où la demande en électricité est plus faible. Cependant, si de telles centrales sont construites, les pays acheteurs doivent être conscients du fait que les coûts d'exploitation par unité d'électricité produite seront plus élevés.

Fixer un prix et le maintenir tout au long de la construction. Pour s'assurer qu'une construction sera à bas coût, il ne suffit pas d'en estimer le coût total, il faut aussi que le risque pris soit faible. Il est préférable que les pays optent pour un constructeur qui applique des prix légèrement plus élevés mais qui est beaucoup plus expérimenté et qui accepte de donner un prix fixe qui ne sera pas modifié par la suite, plutôt que pour un constructeur qui propose un prix moins élevé mais se réserve la possibilité d'appliquer des « coûts supplémentaires ». Il est

essentiel d'éviter tout conflit entre l'acheteur et le constructeur, étant donné qu'il est impossible d'établir lequel des deux est fautif et que les retards de construction feront tort aux deux parties. Un autre élément essentiel au maintien de bonnes relations est la transparence, qui nécessite que l'acheteur puisse consulter les registres du vendeur.

Financer avec des emprunts à faible taux. Certains des coûts les plus élevés dus aux retards de construction correspondent simplement aux intérêts pratiqués sur les emprunts. Pour éviter des coûts élevés, il faut éviter les retards et assurer un financement à faible taux d'intérêt, qu'il soit pris en charge par le gouvernement, par les contribuables (sous la forme d'une taxe sur les factures d'électricité) ou par une banque de développement internationale. La planification est la phase la plus délicate du projet, et le risque décroît à partir de la phase de construction. C'est pourquoi les pays acheteurs devraient avoir des sources de financement différentes pour les différentes phases du projet.

Ce sont là les sept secrets d'une énergie nucléaire à bas coût pour lesquelles des données solides et fiables sont disponibles. Les promoteurs de centrales nucléaires peuvent citer d'autres éléments, tels que le recyclage du combustible, la fabrication d'un plus grand nombre de composants des centrales en usine ou l'utilisation de modèles autres que les réacteurs à eau ordinaire, mais les avantages que ces éléments apportent ne sont pas clairement établis.

L'énergie nucléaire est confrontée à des défis de taille, mais elle représente tout de même une part de plus en plus importante de l'électricité propre et à bas coût produite dans le monde.

L'innovation dans le secteur nucléaire, élément essentiel à un avenir énergétique durable

Par William D. Magwood, IV

Pour la plupart des pays, le succès d'une politique énergétique dépend de la mise en œuvre des trois axes du développement durable : la sécurité de l'approvisionnement, la protection de l'environnement et l'accessibilité économique. Du fait de l'évolution rapide du marché de l'électricité, la part de l'électronucléaire dans le bouquet énergétique dépendra de sa capacité à répondre aux besoins en énergie actuels et futurs suivant ces trois axes. Il est évident que des innovations dans le domaine de la technologie nucléaire seront nécessaires pour que l'électronucléaire puisse répondre à ces besoins.

Les centrales nucléaires assurent la production d'une énergie fiable et facile à acheminer, transmise selon les besoins par les exploitants du réseau électrique, de jour comme de nuit, toute l'année et quelles que soient les conditions météorologiques. De plus, les centrales nucléaires peuvent être déployées à grande échelle pour répondre à l'augmentation prévue de la demande en électricité neutre en carbone. Du fait de l'accroissement considérable de la part des énergies renouvelables intermittentes, la production d'énergie nucléaire devra probablement faire preuve d'une plus grande souplesse et ne pas se limiter à l'exploitation traditionnelle en charge de base. Pour parvenir à une plus grande souplesse, il faudra des mesures d'optimisation et des innovations dans des domaines tels que la conception de réacteurs et de combustible, l'amélioration de la capacité de suivi de charge des réacteurs nucléaires, l'installation de petits réacteurs modulaires (PRM) et l'élaboration de stratégies de cogénération pouvant répondre à une plus grande demande et fournir de nouvelles sources de revenus aux exploitants de centrales.

S'il existe un consensus général selon lequel le nucléaire est une source d'énergie propre à bas carbone pouvant contribuer à répondre à certains problèmes environnementaux, on s'interroge sur la capacité de ce secteur à s'adapter aux conditions de marchés actuelles adverses. Ces conditions comprennent la baisse du coût de l'énergie renouvelable, associée à des politiques gouvernementales très favorables et des subventions y relatives, mais aussi une part de plus en plus importante de sources non classiques de combustibles fossiles, comme le gaz de schiste, non soumises à un régime de tarification du carbone. Comme la structure des marchés de l'électricité ne leur permet pas de s'adapter à ces évolutions des technologies et des politiques, ces facteurs réduisent la rentabilité de nombreuses centrales électriques en charge de base, notamment des centrales nucléaires. Pour être viables, les marchés de l'électricité doivent être modernisés en vue d'assurer une fiabilité à long terme, mais quoi qu'il arrive, des innovations dans le domaine de l'électronucléaire seront indispensables pour faire baisser les coûts de production global tout en maintenant la sûreté nucléaire à un niveau élevé.

L'importance de la coopération internationale

L'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) a lancé l'initiative « Innovation nucléaire 2050 » (NI2050) pour encourager de nouvelles approches collaboratives entre les pays, en vue de faire avancer la recherche et la mise en place de technologies nucléaires innovantes contribuant à un bouquet énergétique durable. D'autres initiatives de l'AEN poursuivent ce même objectif, notamment une étude en cours sur les systèmes de réacteurs avancés ainsi que les travaux menés conjointement avec l'Agence internationale de l'énergie (AIE) sur le marché de l'électricité.

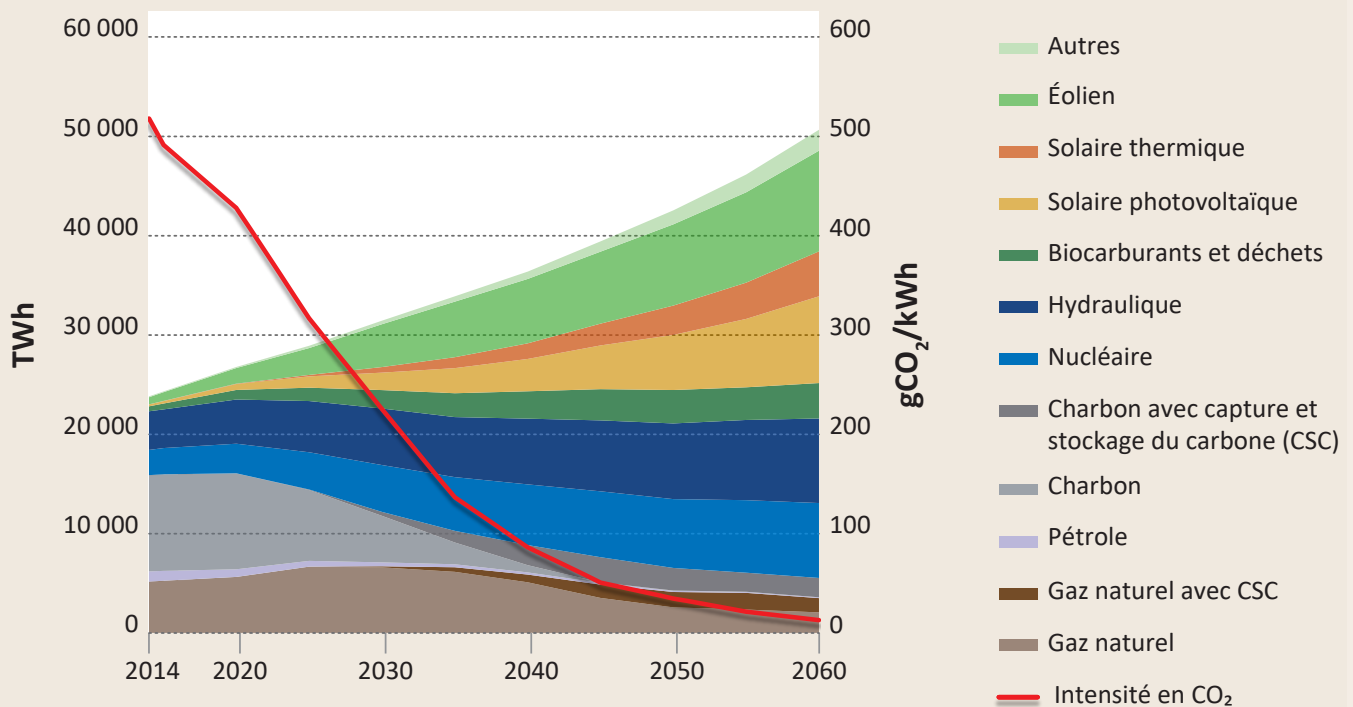


William D. Magwood, IV est le directeur général de Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE.

L'approche de l'initiative NI2050 est fondée sur l'application de stratégies multilatérales pour favoriser la mise en place plus efficace de technologies nucléaires innovantes. Les approches multilatérales peuvent créer la confiance nécessaire à la mise en place de technologies innovantes à l'échelle mondiale en permettant de définir les priorités, d'établir des fondations solides communes à partir de la validation scientifique des technologies et de définir des méthodes de qualification partagées pour appuyer les procédures d'autorisation robustes.

La sûreté devant constituer une priorité et être intégrée dès les premières étapes de la conception d'une évolution technologique, il est indispensable d'échanger avec les autorités et les organismes de réglementation. La collaboration internationale entre les différents organismes de sûreté est probablement l'un des moyens les plus efficaces d'appréhender suffisamment tôt les questions de sûreté relatives à une innovation sans compromettre l'indépendance de la réglementation. L'AEN offre déjà un cadre de ce type en fournissant une vaste plateforme de discussion grâce à divers comités spécialisés. Dans le cadre de l'initiative NI2050, une série de thèmes de discussion a été sélectionnée afin d'élaborer des programmes sur dix ans concernant les combustibles résistant aux accidents, la gestion des connaissances relatives aux accidents graves, les systèmes de sûreté passive, la gestion du vieillissement des structures, les combustibles et les matières avancés, les composants avancés, la chimie et le recyclage du cycle du combustible, la production de chaleur et la cogénération, la modélisation et la

Production mondiale d'électricité par source



(Données tirées de Energy Technology Perspectives 2017, Agence internationale de l'énergie)

Actuellement, un tiers de l'électricité est produite à partir de sources à bas carbone. Si les objectifs mondiaux relatifs aux émissions de CO₂ sont atteints, cette part représenterait près de 85 % d'ici 2050.

Source : AEN

simulation, la numérisation et les mesures, les infrastructures et les démonstrations. En rassemblant les parties prenantes autour de priorités partagées, l'initiative NI2050 pourrait favoriser l'innovation en matière de technologie nucléaire, qui est la condition la plus importante pour que l'électronucléaire occupe une place dans l'approvisionnement énergétique durable au cours des décennies à venir.

De nombreux pays doivent faire face en même temps à un marché de l'électricité de plus en plus complexe, à une demande croissante en électricité et à la nécessité d'établir des politiques nationales de réduction des émissions de carbone. S'ils ne disposent pas de capacités d'innovation suffisantes, les pays utilisant les technologies nucléaires pourraient se voir contraints de dépendre de pays plus innovants sur le plan technologique, ce qui aurait des répercussions sur leur souveraineté énergétique. Par conséquent, les gouvernements doivent s'intéresser de près

à la dimension stratégique globale de l'électronucléaire, au-delà des dimensions économique et environnementale.

À l'heure actuelle, l'innovation dans le domaine de la technologie nucléaire requiert des pays et des acteurs du secteur nucléaire une implication et une coopération renforcées en vue de tirer parti au mieux des compétences et des moyens collectifs, de créer une confiance solide et robuste dans les nouvelles technologies, d'ouvrir le marché international et d'attirer les investissements.

Le programme « Harmony », l'avenir de l'électricité

Par Agneta Rising

Le programme « Harmony », mis en place par l'Association nucléaire mondiale, expose les perspectives de l'industrie nucléaire mondiale dans la production d'électricité dans l'avenir. Il a pour objectif d'aider à relever les défis en matière d'énergie que posent l'augmentation de la demande en électricité et la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pollution atmosphérique. À cette fin, dans le cadre du programme « Harmony », l'industrie nucléaire s'est fixé pour objectif de produire 25 % de l'électricité mondiale d'ici 2050. Ceci nécessitera la mise en place d'une capacité nucléaire installée supplémentaire d'environ 1 000 GWe.

L'objectif du programme « Harmony » est fondé sur le scénario de 2 °C défini par l'Agence internationale de l'énergie, lequel vise à prévenir les conséquences les plus délétères des changements climatiques et nécessite pour cela une forte augmentation de la production d'énergie nucléaire. Pour atteindre cet objectif, le programme « Harmony » prévoit l'utilisation combinée de diverses technologies sobres en carbone.

Actuellement, les contributions prévues déterminées au niveau national par les gouvernements, qui comprennent les mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques que les pays ont déclaré vouloir prendre au titre de l'Accord de Paris en vue de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, sont loin de permettre d'atteindre l'objectif de 2 degrés, et plus encore d'atteindre celui de 1,5 degré. Le plan actuel de lutte contre les changements climatiques est donc mal engagé, et il est urgent de prendre des mesures supplémentaires pour réduire les émissions. Cependant, l'objectif du programme « Harmony » ne pourra être atteint que si les autres objectifs suivants sont remplis.

Des conditions de concurrence équitables

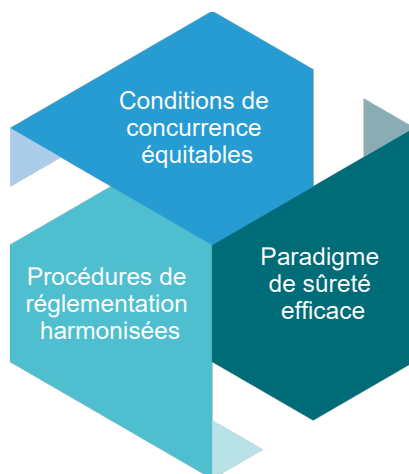
L'électronucléaire, qui est une source éprouvée d'énergie fiable, propre et capable de fournir la charge d'électricité de base, présente des avantages importants. Cependant, les centrales nucléaires sont confrontées à des difficultés financières, qui entraînent des fermetures anticipées de centrales ayant pourtant une bonne performance d'exploitation, et des investissements limités dans de nouvelles centrales. Une combinaison de facteurs, notamment les subventions et la priorité en matière de répartition accordées à l'énergie renouvelable, a provoqué une défaillance du marché de l'électronucléaire.

L'objectif du programme « Harmony » est d'appuyer la création, sur les marchés énergétiques, de conditions de concurrence équitables, qui tiennent compte des ressources en énergie à bas carbone déjà en place. Il consiste également à favoriser l'investissement dans d'autres ressources d'énergie propre, en considérant l'énergie nucléaire à égalité avec les autres technologies à bas carbone et en reconnaissant ses qualités dans un bouquet énergétique à bas carbone fiable. L'énergie d'origine nucléaire, qui est la seule énergie à bas carbone pouvant



Agneta Rising, directrice générale de l'Association nucléaire mondiale.

L'objectif du programme « Harmony » : une production d'énergie nucléaire accrue pour réaliser le scénario de 2 °C



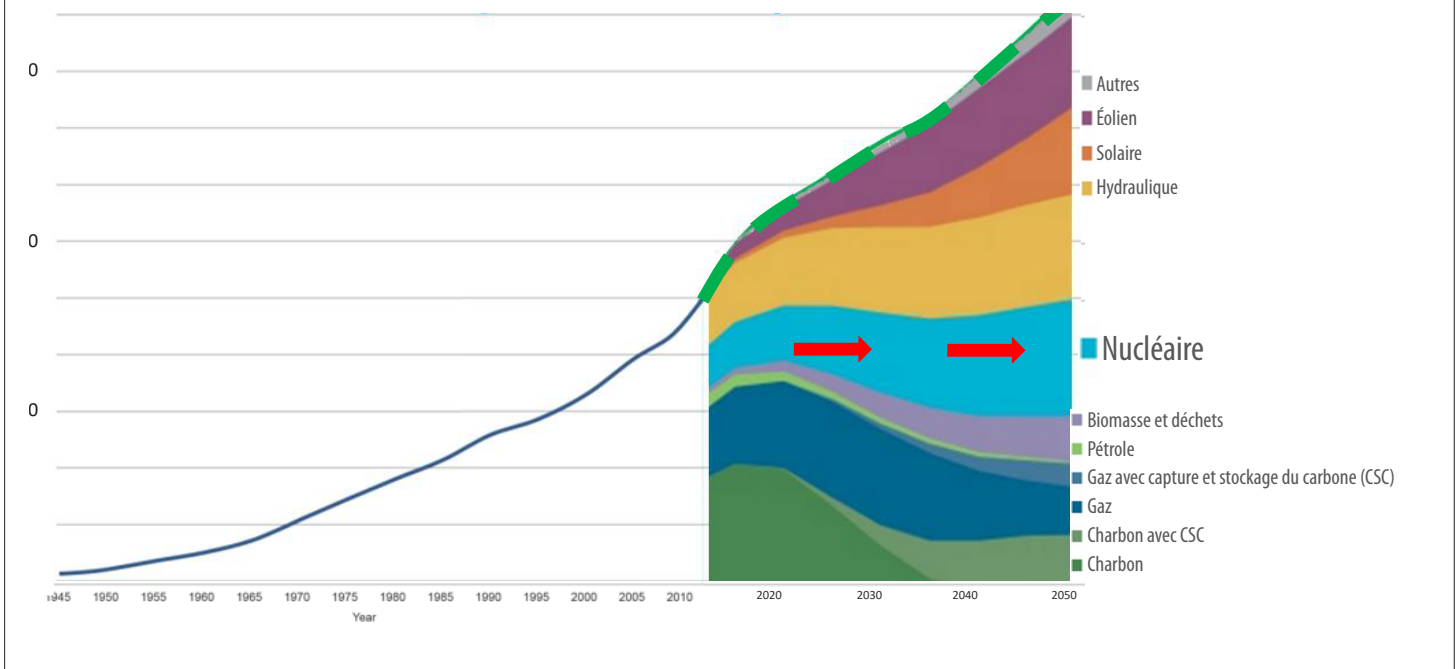
1 000 gigawatts de nouvelles capacités nucléaires d'ici 2050

25 % de la production d'électricité d'ici 2050

Utilisation de l'énergie nucléaire pour produire une électricité fiable, propre et d'un coût abordable

Source : Association nucléaire mondiale

Le scénario de 2 °C de l'Agence internationale de l'énergie : un bouquet énergétique diversifié



Source : 1945-1979, bases de données et analyse de l'Agence internationale de l'énergie ; 1980-2012, Agence d'information sur l'énergie

satisfaire à la demande actuelle, devrait être reconnue comme telle et favorisée pour sa contribution à la fiabilité du système et d'autres avantages d'intérêt public.

Des procédures de réglementation harmonisées

La sûreté nucléaire relevant de la responsabilité nationale, on a observé des différences notables dans les dispositions relatives à l'octroi d'autorisation, car chaque État met au point ses propres cadre réglementaire, procédure d'autorisation et prescriptions de sûreté. Il existe un marché mondialisé des nouveaux projets nucléaires et de la chaîne d'approvisionnement, mais cette internationalisation n'a pas été étendue à la réglementation ni à l'octroi d'autorisation. L'harmonisation des procédures de réglementation, des prescriptions de sûreté et des codes et normes pourrait bénéficier dans une large mesure à l'investissement dans de nouvelles constructions améliorées, à l'exécution de projets, à la réduction des coûts, à l'innovation accélérée et au renforcement de la sûreté.

Le programme « Harmony » vise à promouvoir l'harmonisation des procédures de réglementation en vue d'établir à l'échelle internationale un régime d'octroi d'autorisation nucléaire plus cohérent, plus efficace et plus prévisible, offrant des solutions normalisées destinées à faciliter une augmentation importante de la capacité nucléaire et ce, sans compromettre la sûreté ni la sécurité.

Un paradigme de sûreté efficace

En dépit d'un bon bilan en matière de sûreté, l'énergie nucléaire fait l'objet d'une certaine méfiance de la part du public dans certains pays, ce qui limite son développement. C'est l'une des énergies dont l'incidence globale sur la santé humaine et

l'environnement est la plus faible, mais cela est peu connu du public. Par conséquent, il nous faut créer un paradigme de sûreté efficace, qui porte sur le réel bien-être du public et dans lequel les risques et avantages du nucléaire en ce qui concerne la santé, l'environnement et la sûreté sont reconnus et évalués objectivement, de même que ceux des autres technologies de production d'électricité.

La nécessité d'agir

L'objectif du programme « Harmony » est certes ambitieux, mais il est réalisable. Afin de l'atteindre et d'aider à la réalisation du scénario de 2 °C, il est essentiel de porter à 33 GWe la capacité de production annuelle des nouvelles constructions nucléaires au cours de la prochaine décennie. Cette capacité est comparable à celle atteinte dans les années 1980. Les principaux défis à relever ne concernent pas la production, bien qu'il soit nécessaire de renforcer les capacités nucléaires existantes et d'en créer de nouvelles, mais l'obtention d'un appui à la politique et l'instauration de la confiance, qui sont tous deux nécessaires.

Le programme « Harmony » de l'Association nucléaire mondiale constitue un effort de coopération de toute la communauté nucléaire, et implique de collaborer avec les principales parties prenantes afin de prendre les mesures nécessaires pour permettre à l'énergie nucléaire de jouer le rôle essentiel qui est le sien dans la réponse au défi énergétique mondial.

Costa Rica : la sécurité sanitaire des aliments revisitée grâce à la technologie nucléaire

Le Costa Rica ne dépend plus de laboratoires étrangers pour assurer la sécurité sanitaire des aliments et rester concurrentiel et ce, en partie grâce à la technologie nucléaire et à l'appui de l'AIEA et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

« Nous analysons 310 échantillons par mois, soit 25 % de plus qu'il y a deux ans », déclare Yajaira Salazar, experte en sécurité sanitaire des aliments au Laboratoire national de diagnostic et de recherche en santé animale (LANASEVE). Yajaira Salazar et ses collègues ont bénéficié de plusieurs programmes de formation et de bourses de l'AIEA, et peuvent désormais procéder à l'analyse des biotoxines marines et à la gestion de la qualité, entre autres.

Les pesticides, les résidus de médicaments vétérinaires, les métaux lourds, les biotoxines marines et d'autres polluants organiques et non organiques sont susceptibles de contaminer les aliments que nous consommons. « Pour les détecter, le Costa Rica a besoin de la technologie la plus moderne et la plus récente qui existe, ainsi que d'un personnel bien formé à son utilisation », déclare Marietta Ureña Brenes, directrice du LANASEVE. « Nous devons garder une longueur d'avance », ajoute-t-elle.

Depuis 2015, les experts du LANASEVE se forment aux technologies d'analyse nucléaire et classique les plus récentes pour détecter les contaminants et les résidus dans les produits alimentaires. Ils acquièrent du matériel et des compétences de pointe grâce à un projet de coopération technique de l'AIEA. Cette entreprise de modernisation de la sécurité sanitaire des aliments a bénéficié aussi bien aux consommateurs qu'aux producteurs et aux exportateurs du Costa Rica.

Pisciculture et élevage bovin

Pour les producteurs de poisson costariciens, il est moins coûteux d'envoyer des échantillons au LANASEVE qu'à l'étranger en vue de leur analyse, et le temps nécessaire est moins long. Si, auparavant, près de 200 échantillons étaient envoyés chaque année à des laboratoires en Équateur et au Chili afin de détecter la présence éventuelle de substances toxiques et de respecter les règles établies par l'UE, c'est désormais le LANASEVE qui les analyse à Heredia, au nord de San José, ce qui permet à chaque producteur d'économiser au moins 27 000 euros par an. Les producteurs de viande bénéficient également de ces

nouveaux services d'analyse. La société costaricienne CIISA, spécialisée dans la vente de bœuf et de porc au Costa Rica, aux États-Unis, en Russie et en Europe, entre autres, dépend aussi de la technologie d'analyse nucléaire et isotopique précise du LANASEVE pour s'assurer de l'innocuité de ses produits et de leur conformité aux exigences du marché.

L'amélioration de la capacité du LANASEVE à surveiller les résidus de médicaments vétérinaires et les contaminants connexes dans les produits animaux grâce à l'utilisation de techniques nucléaires ou isotopiques n'a pas seulement stimulé la capacité du pays à maintenir ses marchés d'exportation d'aliments dans l'UE, aux États-Unis et dans d'autres pays d'Amérique latine, mais a aussi contribué à la conquête de nouveaux marchés, comme la Chine.

Normes internationales

La capacité à garantir la sécurité sanitaire des aliments à l'échelle locale est un élément déterminant pour les exportateurs. Outre son incidence sur la santé publique, la contamination des aliments peut avoir des conséquences économiques délétères sur le commerce international.

« De manière générale, la technologie progresse en ce qui concerne la détection de très petites traces de résidus », déclare Mauricio González, autre expert en sécurité sanitaire des aliments au LANASEVE, qui a également reçu une formation dans le cadre du programme de coopération technique de l'AIEA. « Il s'agit d'un aspect positif pour les consommateurs, mais qui implique des codes plus stricts pour les exportateurs », ajoute-t-il. Compte tenu de la rapidité actuelle de l'évolution des lois relatives à la sécurité sanitaire des aliments à l'échelle internationale, le Costa Rica a dû s'adapter.

Grâce à l'utilisation des techniques d'analyse nucléaire récemment apprises et au matériel fourni, les experts du LANASEVE peuvent détecter de très petites traces de contaminants, de résidus de médicaments et de pesticides dans des échantillons d'aliments, se conformant ainsi aux prescriptions internationales. « Plus le matériel est sensible, mieux nous pouvons garantir l'absence de produits indésirables dans les aliments que nous consommons », explique Mauricio González.

De plus, les nouvelles capacités ont facilité l'élargissement du LANASEVE à d'autres domaines, comme l'analyse d'une plus grande variété de produits animaux ou

d'aliments importés. Grâce aux techniques nucléaires, par exemple, l'équipe du LANASEVE a pu détecter, dans des produits piscicoles importés, du vert de malachite, teinture potentiellement carcinogène et susceptible de provoquer des lésions de l'ADN. Suite à cette découverte, le Costa Rica a cessé l'importation des produits en provenance de ces fournisseurs. « De tels exemples montrent la nécessité de renforcer les capacités nationales de laboratoire pour l'analyse des aliments », déclare James Jacob Sasanya, spécialiste de la sécurité sanitaire des aliments à la Division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture.

« Le Costa Rica s'est toujours efforcé de protéger la santé publique », déclare Bernardo Jaén Hernández, directeur général du Service national de la santé animale (SENASA) du Costa Rica, auquel appartient le LANASEVE. « Pour ce faire, il est nécessaire de disposer de capacités solides afin d'inspecter les denrées produites dans le pays, exportées et même importées », ajoute-t-il.

« Un nouveau projet de coopération technique de l'AIEA prévoit d'appuyer le LANASEVE dans la poursuite de l'amélioration de ses capacités techniques et analytiques », explique Raquel Scamilla Aledo, gestionnaire de ces projets à l'AIEA. « Il s'agit d'une des priorités de développement national du Costa Rica, qui a donc demandé un appui supplémentaire pour l'analyse des biotoxines marines, des pesticides et des médicaments vétérinaires non inclus dans l'éventail de tests qu'il effectue actuellement. Le pays vise aussi à améliorer les services de ses laboratoires, en vue de se conformer aux nouvelles réglementations de l'Union européenne et d'autres marchés d'exportation alimentaires », ajoute-t-elle.

En collaboration avec la FAO, l'AIEA aide les États Membres à adopter des techniques nucléaires et connexes fournissant des moyens fondés sur la science pour réglementer la sécurité sanitaire des aliments, grâce à la mise à disposition de méthodes d'analyse dans des laboratoires du monde entier. Cela inclut également l'irradiation des aliments, l'analyse de divers contaminants alimentaires et environnementaux, ainsi que l'authenticité des aliments.

— Par Laura Gil

Appui à la non-prolifération nucléaire : le Ghana remplace l'UHE par de l'UFE dans son réacteur de recherche

Le Ghana a transformé avec succès son unique réacteur de recherche pour qu'il utilise de l'uranium faiblement enrichi (UFE) au lieu d'uranium hautement enrichi (UHE), dans le cadre d'un projet international appuyé par l'AIEA visant à réduire les risques de prolifération liés au combustible à l'UHE.

L'UHE peut être utilisé pour créer un dispositif nucléaire à des fins malveillantes et, depuis 1978, diverses activités nationales et internationales ont été menées pour transformer les réacteurs de recherche et d'essai afin qu'ils utilisent de l'UFE au lieu d'UHE, dans le but de réduire et, à terme, d'éliminer l'utilisation civile d'UHE.

Le combustible à l'UHE a été réexpédié en Chine

Le projet, mené conjointement par la Commission ghanéenne de l'énergie atomique, l'Autorité chinoise de l'énergie atomique, l'Administration nationale de la sécurité nucléaire du Ministère de l'énergie des États-Unis et l'AIEA, a duré trois ans et a été achevé la semaine dernière. Le Ghana est le premier des cinq pays exploitant un réacteur source de neutrons miniature (RSNM) fourni par la Chine à avoir transformé le cœur de son réacteur à l'UHE et réexpédié l'UHE irradié en Chine.

« En étant le premier pays à s'engager sur cette voie, le Ghana a montré que la transformation d'un RSNM hors de Chine était possible », souligne Kwame I. J. Aboh, responsable de projets à la Commission ghanéenne de l'énergie atomique. Nous espérons que notre modèle de transformation du cœur et de réexpédition de l'UHE pourra être appliqué lors d'opérations similaires dans d'autres pays exploitant ce type d'installations », ajoute-t-il.

Le passage de l'UHE à l'UFE permet d'abaisser le taux d'enrichissement en uranium 235, qui passe de plus de 90 % à moins de 20 %, sans altérer les capacités du réacteur de recherche. Ainsi, la Commission ghanéenne de l'énergie atomique est toujours en mesure de mener ses activités de recherche scientifique, d'éducation, de formation et ses applications industrielles nécessitant des installations nucléaires après la transformation.

« Assurer la durabilité de l'exploitation d'un RSNM grâce à un cœur utilisant

de l'UFE a été l'un des facteurs clés du succès de ce projet », explique Christophe Xerri, directeur de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la technologie des déchets de l'AIEA. « Cette expérience illustre bien le fait que la coopération internationale peut favoriser le développement des sciences nucléaires et la formation pratique tout en répondant aux préoccupations en matière de non-prolifération et en assurant le renforcement des capacités. »

Pour assurer la réussite du transfert des connaissances en vue des prochains projets de transformation de réacteurs, un modèle de cuve de RSNM a été construit aux fins de la formation des exploitants à l'installation du réacteur de recherche GHARR-1. Autour de ce modèle a été créé un centre de formation à l'enlèvement du cœur d'un RSNM proposant des formations destinées aux exploitants d'autres pays ayant un RSNM. « L'Administration nationale de la sécurité nucléaire (ANSN) soutient ardemment ce concept de centre de formation », indique Dave Huizenga, administrateur adjoint par intérim pour la défense de la non-prolifération nucléaire à l'ANSN. « Il permet de mettre à profit les enseignements tirés du projet pilote mené au Ghana et offre des possibilités de formation sur des équipements grandeur nature aux exploitants de RSNM qui devront relever des défis similaires dans l'avenir », poursuit-il.

Deux réunions ont été organisées au cours de l'été 2017 pour recenser les enseignements tirés de la mise en œuvre du projet, lesquels pourront servir à la transformation d'autres réacteurs à l'UFE. « Les résultats de ces réunions renforceront le modèle ghanéen et appuieront des opérations similaires dans l'avenir », indique Lixin Shen, directeur général adjoint de l'Autorité chinoise de l'énergie atomique.

Les RSNM de conception chinoise

Les réacteurs de recherche de type RSNM ont été conçus et fabriqués par l'Institut chinois de l'énergie atomique, et le modèle original avait un cœur compact d'une puissance thermique de 30 kW contenant 1 kg d'uranium enrichi à 90 %.

Il existe neuf installations de RSNM de conception chinoise : la Chine en compte quatre, dont l'un a été converti à l'utilisation d'UFE, et le Ghana, l'Iran, le Nigeria, le Pakistan et la Syrie

en possèdent un chacun. Ils servent principalement à l'enseignement et à la formation.

Avec l'appui du Gouvernement chinois, l'Autorité chinoise de l'énergie atomique s'est tout d'abord chargée de la transformation du prototype de RSNM en Chine, puis a collaboré avec la Commission ghanéenne de l'énergie atomique pour transformer le réacteur de recherche GHARR-1 et réexpédier l'UHE.

L'aide de l'AIEA

La coopération entre l'AIEA et les exploitants de RSNM a commencé en 2006 avec un projet de recherche coordonnée visant à déterminer si la transformation des RSNM à l'UHE était faisable du point de vue technique.

Quand, en 2014, le Ghana a sollicité une aide pour doter le réacteur de recherche GHARR-1 d'un cœur utilisant de l'UFE, la Section des réacteurs de recherche de l'AIEA a fourni un appui à la transformation du cœur et à l'enlèvement de l'UHE, mené sur place des missions d'examen axées sur la sûreté, dispensé aux autorités de réglementation une formation sur l'octroi des autorisations relatives aux châteaux de transport et organisé des ateliers sur la sécurité du transport.

Le Nigeria et la Syrie ont aussi demandé l'aide de l'AIEA pour la transformation et le retrait du cœur à l'UHE. Le projet nigérian devrait être achevé en 2018.

À Beijing, où le combustible à l'UHE vient d'arriver, Mary Alice Hayward, directrice générale adjointe de l'AIEA chargée du Département de la gestion, a représenté cette organisation lors de la manifestation organisée aujourd'hui pour l'occasion par les autorités chinoises. « L'AIEA se réjouit d'avoir soutenu ses États Membres dans le cadre de la transformation du RSNM du Ghana et de la réexpédition de son combustible à l'UHE en Chine. Ce projet représente une étape importante de l'action globale menée pour réduire au minimum l'utilisation d'UHE dans les installations civiles tout en assurant un accès continu aux capacités de recherche et de formation dans le nucléaire », a-t-elle déclaré.

— Par Sandor Tozser

Situation et perspectives internationales de l'électronucléaire 2017

Le rapport intitulé *Situation et perspectives internationales de l'électronucléaire* présente une analyse des facteurs susceptibles d'influer sur l'avenir de l'électronucléaire, comme les ressources et le financement, les marchés de l'électricité et l'acceptation par le public. Il montre que l'électronucléaire pourrait connaître un essor important si son potentiel en tant que source d'énergie à bas carbone était davantage pris en compte et si les modèles de réacteurs avancés étaient encore améliorés sur le plan de la sûreté et celui de la gestion des déchets radioactifs.

https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC61/GC61InfDocuments/French/gc61inf-8_fr.pdf

Assurer des systèmes de sûreté nucléaire nationaux robustes — solidité en profondeur des institutions

La publication intitulée *Ensuring Robust National Nuclear Safety Systems — Institutional Strength in Depth* vise à guider la réflexion sur les structures institutionnelles nécessaires pour assurer la sûreté nucléaire. Elle porte sur les trois sous-systèmes institutionnels importants : le secteur nucléaire, l'organisme de réglementation et les parties prenantes, et décrit les interactions qui doivent être encouragées entre ces sous-systèmes et au sein de ceux-ci. Elle devrait servir d'outil fondamental dans les efforts déployés en continu pour renforcer la sûreté nucléaire.

INSAG Series No. 27 ; ISBN : 978-92-0-102317-9 ; 24 euros ; 2017 (en anglais)

<http://www-pub.iaea.org/books/iaeaabooks/11148/National-Nuclear-Safety-Systems>

Électronucléaire et développement durable

La publication intitulée *Nuclear Power and Sustainable Development* examine comment l'énergie nucléaire pourrait contribuer à résoudre les questions liées au développement durable grâce à un large éventail d'indicateurs. Les caractéristiques de l'électronucléaire et celles d'autres sources d'approvisionnement en électricité y sont comparées sur la base des aspects économique, social et environnemental du développement durable. Les conclusions qui y sont résumées aideront le lecteur à examiner ou à réexaminer la façon dont le développement et l'exploitation des centrales nucléaires peuvent contribuer à la mise en place de systèmes énergétiques plus durables.

Publication hors collections ; ISBN : 978-92-0-107016-6 ; 45 euros ; 2016 (en anglais)

<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11084/Sustainable-Development>

Gérer le risque financier lié au financement de nouveaux projets de centrales nucléaires

La publication intitulée *Managing the Financial Risk Associated with the Financing of New Nuclear Power Plant Projects* met l'accent sur le fait que différents risques, y compris les risques habituellement considérés comme liés à l'ingénierie, engendreront des risques financiers. Elle présente aussi le lien entre une répartition/atténuation efficace du risque financier et les coûts d'investissement, et énumère une série de mécanismes pouvant être utilisés pour gérer et répartir efficacement les risques, réduisant ainsi au minimum les coûts d'investissements et favorisant les économies liées au projet. Sur le plan pratique, cette publication donne un aperçu des préoccupations, des modes de pensée et de la terminologie que les personnes qui proposent la construction de nouvelles centrales nucléaires peuvent s'attendre à rencontrer dans le monde de la finance lorsqu'ils élaborent leur projet.

IAEA Nuclear Energy Series No. NG-T-4.6 ; ISBN : 978-92-0-100317-1 ; 32 euros ; 2017 (en anglais)

<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11140/Financial-Risk>

L'AIEA est l'un des principaux éditeurs de publications ayant trait au domaine nucléaire. Parmi les plus de 9 000 publications scientifiques et techniques qu'elle fait paraître figurent des normes internationales de sûreté, des guides techniques, des comptes rendus de conférences et des rapports scientifiques. Ces publications couvrent l'ensemble des travaux de l'AIEA et traitent plus particulièrement de domaines tels que l'électronucléaire, la radiothérapie, la sûreté et la sécurité nucléaires ou le droit nucléaire.

Pour obtenir de plus amples informations ou commander une publication, veuillez écrire à l'adresse suivante :

Unité de la promotion et de la vente, Agence internationale de l'énergie atomique
Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

Courriel : sales.publications@iaea.org

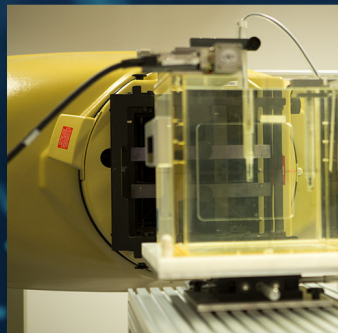
À L'OCCASION DU 60^e ANNIVERSAIRE DE L'AIEA, DÉCOUVREZ LE FILM

VOILÀ CE QUE FAIT L'AIEA

AINSI QUE HUIT AUTRES VIDÉOS SUR LE TRAVAIL DE L'AGENCE



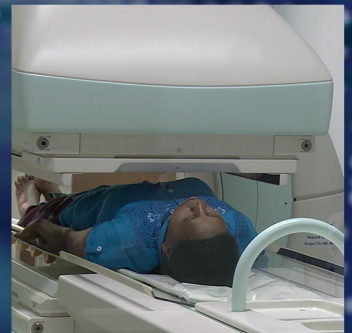
Sécurité nucléaire



Sûreté nucléaire



Énergie



Santé



Sélection végétale



Lutte contre les ravageurs



Eau



Protection des mers



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique
L'atome pour la paix et le développement

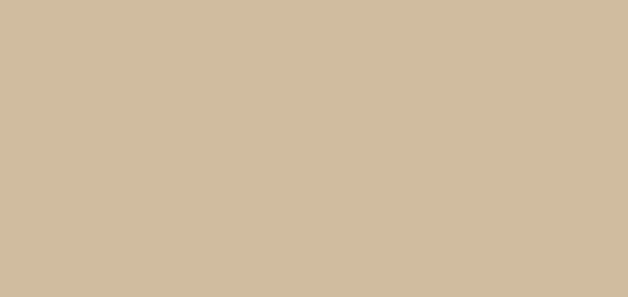
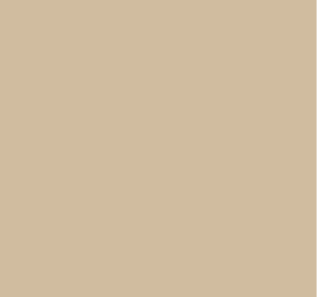
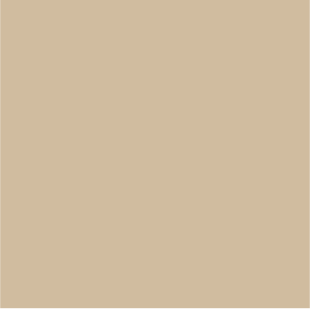
POUR DEMANDER UNE COPIE
DES FILMS DE L'AIEA, CONTACTEZ :
MULTIMEDIA@IAEA.ORG

CONFÉRENCE MINISTÉRIELLE INTERNATIONALE L'électronucléaire au XXI^e siècle

30 OCTOBRE – 1^{ER} NOVEMBRE 2017, ABOU DHABI (ÉMIRATS ARABES UNIS)



#NucPower21



60 ans

IAEA *L'atome pour la paix et le développement*