

Juillet 2023

BULLETIN 2

Netto-Null-Ziel 2050?

- Grundsätzlich zwei mögliche Wege:
 - Suffizienz
 - Technologie
- Klare Absage an Suffizienz
- Nur mit neuen technologischen Lösungen gelingt Dekarbonisierung



Pour le président de Swissmem, les centrales nucléaires restent indispensables

Page 29

Interview de la présidente de WiN Suisse

Page 2

«Red Book»: réserves et portée

Page 12

Ce que ChatGPT nous dit de l'énergie nucléaire

Page 28

Table des matières

Éditorial

Décarbonation: l'ouverture technologique est un must 1

Entretien avec...

«J'aimerais voir plus de sincérité en matière de politique énergétique» 2

Informations de fond

Allemagne: bref retour sur 66 ans d'énergie nucléaire 5

Red Book 2022: des réserves d'uranium suffisantes malgré un recul de la production 12

Transition énergétique et atome: la branche nucléaire doit encore «faire ses devoirs» 15

Décryptage

Approvisionnement en électricité de la Suisse: ne pas répéter les erreurs du passé 18

Brèves nucléaires

En Suisse 20

À l'étranger 21

La der nucléaire

Point de vue: redéfinir le leadership dans le secteur nucléaire 25

Couac!

Que dit l'intelligence artificielle à propos de l'énergie nucléaire? 28

Nouvelles internes

19^e assemblée générale ordinaire du Forum nucléaire suisse 29

«Nous avons une solution!» 31

Le partenariat européen sur les SMR 33

Concours national Science et jeunesse: prix spécial du Forum nucléaire suisse 35

Pour mémoire 36

Page de couverture:

Lors de l'assemblée générale du Forum nucléaire suisse, le président de Swissmem, Martin Hirzel, a abordé le zéro net et la sécurité de l'approvisionnement du point de vue de l'industrie tech suisse. (Photo: Forum nucléaire suisse)

Décarbonation: l'ouverture technologique est un *must*



Marie-France Aepli

Rédactrice en chef du Bulletin

L'assemblée générale de cette année a été marquée non seulement par la réélection de notre président, Hans-Ulrich Bigler, et par l'arrivée de trois nouveaux membres au sein du Comité, mais aussi par le traitement très fluide de tous les autres points de l'ordre du jour. Le temps fort de l'assemblée générale a été l'exposé de Martin Hirzel, président de Swissmem, sur les exigences de l'industrie suisse en matière de politique énergétique, et son plaidoyer en faveur de l'ouverture technologique. Ceux qui ont manqué cette analyse aussi instructive que passionnante en trouveront un résumé dans le présent bulletin.

Ce numéro contient également un article sur les tendances de moyen à long terme qui joueront un rôle décisif dans la conception des systèmes énergétiques de demain, ainsi que les faits et chiffres les plus récents sur les réserves mondiales d'uranium. Nous revenons également sur l'histoire de l'énergie nucléaire en Allemagne, pays qui vient d'enterrer définitivement l'atome après 66 ans d'exploitation, ce qui lui vaut de sévères critiques et beaucoup d'incompréhension à l'échelle internationale.

Deux auteurs invités donnent leur point de vue sur les défis qui se posent en termes de sécurité d'approvisionnement et de formation des cadres. Nous avons également pu nous entretenir avec Ruth Williams, la nouvelle présidente de Women in Nuclear (WiN) Suisse, qui a répondu avec beaucoup de franchise à nos questions sur la mobilisation des femmes et sur la politique énergétique suisse.

Et pour la première fois, nous nous sommes penchés sur ChatGPT. Vous découvrirez ce qu'est cet outil et ce dont il est capable à la rubrique «Couac!».

Bonne lecture!

«J'aimerais voir plus de sincérité en matière de politique énergétique»



Ruth Williams

Présidente de Women
in Nuclear Suisse

Dans cette interview, Ruth Williams présente l'association Women in Nuclear (WiN) Suisse, qu'elle préside, et explique pourquoi il est si important, du point de vue tant politique et qu'économique, de gagner les femmes à la cause de l'atome. Elle décrit en outre son propre parcours au sein de la branche.

Mme Williams, quelles sont les activités de WiN en Suisse et dans le monde, et quelles sont les tâches qui vous incombent en tant que présidente de la section helvétique de cette association?

Au plan mondial, l'association WiN compte quelque 35'000 adhérentes réparties dans environ 140 pays et 60 sections nationales appelées chapitres. Toutes ces femmes actives dans les technologies nucléaires souhaitent amener une meilleure prise de conscience des avantages que présente l'utilisation pacifique de l'atome. Il nous tient tout particulièrement à cœur de mettre en évidence le rôle essentiel qu'il peut jouer dans la protection du climat. WiN est aussi un réseau qui s'engage pour la promotion des femmes dans les métiers du génie nucléaire et qui encourage les jeunes femmes à opter pour ces professions. Au plan mondial, l'association compte par exemple un réseau «Young Generation» offrant des programmes de mentorat à leur intention. Nous nous soutenons en outre mutuellement par des activités de réseautage, des formations continues, des offres d'emploi, etc. Le génie nucléaire reste une branche dans laquelle les hommes prédominent, alors que l'objectif serait d'arriver à la parité. Tout cela est également valable pour WiN Suisse.

En ma qualité de présidente de WiN Suisse, je sers d'interface avec WiN Global, l'association faîtière au plan

mondial, envers laquelle j'ai pour ainsi dire un rôle d'ambassadrice. À l'avenir, je serai en outre appelée à représenter WiN Suisse lors des conférences annuelles de WiN Global.

Comment êtes-vous arrivée dans la branche nucléaire?

Par le plus grand des hasards. J'avais fait des études de littérature et ne m'intéressais absolument pas à la technologie. Comme tous mes amis, j'étais alors membre de Greenpeace et opposée au nucléaire. À un moment donné, ayant eu besoin de trouver rapidement un emploi temporaire, je suis entrée comme assistante à la division de recherche Énergie nucléaire et sûreté de l'Institut Paul-Scherrer, où j'ai fini par passer près de neuf années passionnantes.

Pourquoi vous investissez-vous en faveur de l'énergie nucléaire?

Le travail et les discussions avec les scientifiques du PSI m'ont ouvert les yeux. À l'époque, j'avais notamment pour tâche de traduire des textes sur l'approche globale des systèmes énergétiques. Cela m'a beaucoup appris. Dans ces analyses dites du cycle de vie, qui vont «du berceau à la tombe», l'énergie nucléaire a toujours obtenu, en termes d'écobilan, des résultats étonnamment bons, comparables à ceux des nouvelles technologies renou-

velables. Je me suis aperçue qu'elle présentait même des avantages évidents: elle requiert comparativement peu de matières premières et d'espace, et elle émet particulièrement peu de polluants atmosphériques, ce qui est très clairement bénéfique à la santé humaine; en outre, elle est très respectueuse du climat. De mon point de vue, elle est tout simplement indispensable à une amélioration efficace de la protection du climat. Car c'est la seule technologie qui puisse offrir les énormes quantités d'électricité propre dont nous avons besoin pour assurer cette protection – et elle le fait de manière fiable, ajustable et à un coût abordable. À mon avis, elle est aujourd'hui plus indispensable que jamais.

Pourquoi est-il crucial de mobiliser les femmes en faveur de l'énergie nucléaire?

Nous vivons dans une démocratie directe et la moitié des personnes qui se rendent aux urnes sont des femmes. Toutes ne savent pas ce qu'est l'énergie nucléaire, et toutes ne sont pas conscientes de ses atouts pour la nature, la société et l'économie. Nous souhaitons qu'un maximum de femmes soit en mesure de prendre des décisions véritablement éclairées en matière de politique énergétique, autrement dit des décisions basées sur les faits plutôt que sur des croyances. En outre, il serait utile que davantage de femmes travaillent dans l'industrie nucléaire, car les entreprises deviennent plus performantes lorsque la proportion de femmes y augmente.

De manière générale, il est souhaitable que les femmes soient plus nombreuses à s'intéresser à des branches comme les mathématiques, l'informatique et les sciences naturelles, et à embrasser des professions techniques. La technologie nucléaire, en particulier, est bien trop fascinante pour la laisser aux seuls hommes! En matière de recherche et développement, il se passe énormément de choses en ce moment, et il serait vraiment dommage que les femmes passent à côté des perspectives offertes par l'atome.

Des sondages ont montré que les femmes sont plus sceptiques que les hommes vis-à-vis du nucléaire. À votre avis, qu'est-ce qui explique cette différence significative?

Je pense que dans notre pays, les femmes ont tendance à être moins technophiles que les hommes et à craindre

de se frotter à l'énergie nucléaire. D'où une méconnaissance et des préjugés. Il faut aussi dire que l'énergie nucléaire n'est pratiquement plus abordée par les médias et le mouvement vert qu'au travers du prisme des accidents de Tchernobyl et de Fukushima. Elle est dès lors assimilée à des dommages environnementaux importants, à un risque incontrôlable, à des radiations dangereuses et à de nombreux déchets toxiques. Sans vouloir tomber dans les clichés sexistes, cela fait tout simplement plus peur aux femmes, qui sont un peu plus sensibles aux questions sanitaires et environnementales, qu'aux hommes, qui ont également une plus faible aversion aux risques.

À votre avis, comment peut-on convaincre davantage de femmes du bien-fondé de l'exploitation de l'énergie nucléaire?

Il nous faut avant tout continuer à transmettre des connaissances et à éclaircir certains points. Et d'après mon expérience, il est bon que les femmes – spécialistes et profanes – discutent ensemble de technologie nucléaire, c'est-à-dire que les connaissances soient transmises de femme à femme. Les femmes parlent plus ouvertement entre elles, je l'ai constaté à maintes reprises lors des visites guidées de la centrale nucléaire. Il me semble par ailleurs primordial de souligner davantage les aspects verts de l'énergie nucléaire. Celle-ci soutient parfaitement la comparaison avec les alternatives renouvelables, information qu'il faut diffuser largement tout en l'explicitant. Et il faut souligner que l'atome est vraiment indispensable à la protection du climat. D'où la nécessité de parler de l'immense défi que représente la décarbonation, de mettre en évidence les relations et les interdépendances, et d'expliquer pourquoi les renouvelables ne peuvent contribuer à la réussite de ce processus qu'en liaison avec le nucléaire. Il conviendrait également d'aborder la question de l'âge des centrales nucléaires suisses et d'expliquer pourquoi, bien que vieillissantes, elles restent sûres. Et bien sûr, je parle volontiers du fait que la technologie nucléaire est encore jeune, mais se développe à toute vitesse et a un bel avenir devant elle.

Dans l'idéal, la compréhension devrait déboucher sur la confiance. Sans confiance, rien n'est possible. Mais toutes les femmes n'aiment pas forcément s'investir dans les questions techniques. En pareil cas, la voie la

plus directe vers l'acceptation de l'énergie nucléaire passe par la confiance envers l'instance qui fournit les informations. Les exploitants des centrales nucléaires sont donc eux aussi sollicités. Il est éminemment important qu'ils créent et entretiennent la confiance en l'énergie nucléaire non seulement chez les femmes, mais aussi dans l'ensemble de la population.

Quels enseignements la Suisse peut-elle tirer des autres pays en matière d'énergie nucléaire?

La Suisse pourrait s'inspirer de l'approche plus pragmatique et moins idéologique que les pays nordiques ont adoptée à l'égard des technologies énergétiques. Les Verts y ont eu la grandeur de dire: okay, à la lumière de ce que nous avons appris, il nous faut changer d'avis, le nucléaire est aujourd'hui indispensable à la lutte contre le changement climatique. Elle pourrait tirer des pays asiatiques et de la Russie des enseignements sur la manière de construire efficacement des centrales nucléaires ultramodernes et sûres, et prendre exemple sur l'Amérique du Nord pour encourager le développement des nouvelles technologies nucléaires avec beaucoup d'esprit d'entreprise. Quant à l'Allemagne, elle montre clairement ce qu'il ne faut pas faire, à savoir arrêter prématurément des centrales nucléaires en parfait état de fonctionnement et remplacer la charge de base manquante par de l'électricité fossile. L'Allemagne fait partie, avec la Bosnie et la Pologne, des trois pays d'Europe qui produisent l'électricité la plus sale. Un trio que la Pologne quittera bientôt grâce à la construction de quatre réacteurs d'origine américaine.

Quels sont, aujourd'hui et demain, les plus grands défis qui se posent à l'énergie nucléaire en Suisse et dans le monde?

Dans les pays occidentaux, la branche nucléaire doit mettre en œuvre rapidement les nouveaux développements technologiques tels que les petits réacteurs modulaires (SMR). Elle doit démontrer qu'elle est capable de faire du «nouveau nucléaire», que celui-ci fonctionne et que son prix est abordable. Cela implique le renouvellement et le développement d'une multitude de compétences. En la matière, l'Asie a une bonne longueur

d'avance. La branche doit en outre adapter la réglementation à ces nouveaux développements et l'harmoniser au plan international, ce qui l'obligera là aussi à résoudre un problème de personnel et de compétences. Enfin, il faut éviter à tout prix que les autorités de réglementation deviennent le goulot d'étranglement de la renaissance de l'énergie nucléaire en Europe.

En ce qui concerne la Suisse, je serais pour ma part très heureuse de voir la branche s'affranchir d'un certain nombre d'œillères en politique. Son discours n'en serait que plus franc et plus proche de la réalité. Car jusqu'à présent, la sécurité d'approvisionnement et la protection du climat n'ont guère progressé dans notre pays: les émissions de gaz à effet de serre ont une fois de plus augmenté en 2022 alors qu'elles étaient censées diminuer. Notre pays doit à nouveau s'ouvrir à la technologie. Notre avenir énergétique requiert une meilleure liberté d'action, car il faut pouvoir faire appel à toutes les technologies disponibles afin d'assurer la protection du climat. Nous n'arriverons à rien en nous fondant uniquement sur des scénarios de beau temps et en n'ayant pour tout plan B qu'un repli totalement anachronique sur la production fossile d'électricité. Même la Suisse ne peut pas avoir le beurre et l'argent du beurre, à savoir un approvisionnement électrique exclusivement renouvelable mais sans atteintes massives aux écosystèmes et aux paysages touristiques, ou un approvisionnement fiable et réglable qui soit exclusivement basé sur les énergies renouvelables, ou encore une protection du climat efficace mais sans le long bras de levier de l'énergie nucléaire. Cela ne marche tout simplement pas.

J'aimerais voir moins d'opportunisme et plus de sincérité en matière de politique énergétique, et je souhaiterais également que l'industrie énergétique fasse preuve d'un plus grand sens des responsabilités. (A.D./D.B.)

Ruth Williams est angliciste et spécialiste RP. Elle a travaillé pendant 25 ans dans la branche nucléaire. Elle préside l'association Women in Nuclear (WiN) Suisse depuis 2023.

Allemagne: bref retour sur 66 ans d'énergie nucléaire

Initié il y a une vingtaine d'années, l'abandon par l'Allemagne de l'utilisation commerciale de l'énergie nucléaire devait initialement s'achever le 31 décembre 2022. Cependant, l'invasion de l'Ukraine par la Russie a suscité dans toute l'Europe un vaste débat autour de la hausse des prix de l'énergie et de la sécurité d'approvisionnement, avec à la clé un report de quelque mois de l'arrêt définitif des trois dernières tranches nucléaires encore en service outre-Rhin, finalement fermées le 15 avril 2023.

C'est en juin 1961 qu'une centrale nucléaire injecte pour la première fois de l'électricité dans le réseau d'électricité public allemand: il s'agit de celle de Kahl, un réacteur à eau bouillante d'une puissance électrique brute de 16 MW situé dans le nord-ouest de la Bavière. Considérée comme propre, bon marché et génératrice de croissance, l'énergie nucléaire est alors l'incarnation du progrès. Dans les années 1970, après le choc pétrolier de 1974, le soutien à l'énergie nucléaire est très fort en Allemagne, où prévaut, comme en France, un sentiment de vulnérabilité face aux pénuries d'énergie. Cette politique

de soutien à l'atome est cependant remise en question après l'accident nucléaire de Tchernobyl, en 1986, et plus aucune centrale nucléaire nouvellement construite ne sera mise en service après 1989. Avant Tchernobyl, le mouvement antinucléaire, dont sont issus les Verts, avait déjà protesté contre l'atome de manière véhémement, voire violente, notamment lors de la construction des centrales nucléaires de Grohnde et Brokdorf. Quant au parti social-démocrate (SPD), il se prononce en faveur de l'atome en 1979, avant d'adopter en août 1986 une décision visant à sortir du nucléaire dans les dix ans. →



En bordure de l'ancien parking visiteurs, une relique de rotor de turbine et deux panneaux explicatifs rappellent que c'est la centrale nucléaire de Kahl qui a initié la production nucléaire d'électricité dans l'ancienne République fédérale d'Allemagne. (Photo: Norbert Gilson)

L'effet le plus immédiat de ce changement de politique est l'arrêt des activités de recherche et développement lancées une trentaine d'années plus tôt sur le réacteur à haute température refroidi au gaz AVR de Jülich et sur le réacteur rapide refroidi au sodium SNR 300 de Kalkar, car une grande partie d'entre elles se déroulent en Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Land alors gouverné par le SPD. Le SNR 300 est achevé en 1985, mais il ne sera jamais autorisé à entrer en service.

Au plan fédéral, le gouvernement chrétien-démocrate (CDU) maintient son soutien aux centrales nucléaires existantes jusqu'à sa défaite aux élections de 1998. Dans les années 1990, les centrales nucléaires assurent encore plus d'un tiers de la production d'électricité du pays.

En octobre 1998, le SPD forme un gouvernement de coalition avec les Verts, qui n'ont pourtant obtenu que 6,7% des voix aux élections. Les deux partis se mettent ensuite d'accord sur une modification législative visant à sortir de l'énergie nucléaire. De longues «discussions consensuelles» sont menées avec les fournisseurs d'électricité afin de fixer un calendrier d'abandon de l'atome. Les Verts menacent de restreindre unilatéralement et sans compensation les autorisations d'exploiter si aucun accord n'est trouvé. À l'époque, toutes les centrales nucléaires en service disposent d'autorisations d'exploiter à durée indéterminée assorties de garanties légales.

En juin 2000, on annonce la conclusion d'un compromis qui garantit le fonctionnement ininterrompu des centrales nucléaires pendant de nombreuses années encore tout en permettant au gouvernement de sauver la face. L'accord limite certes dans une certaine mesure la durée de vie des centrales, mais il évite le risque d'une fermeture forcée des installations par l'État durant le mandat du gouvernement.

Le compromis fixe en particulier un plafond de 2623 milliards de kilowattheures pour la production des réacteurs alors en service durant toute leur durée d'exploitation, ce qui correspond à une durée de vie moyenne de 32 ans (soit moins que les 35 ans visés par l'industrie). Deux autres éléments clés sont l'engagement du gou-

vernement à respecter les droits des entreprises d'approvisionnement à exploiter les centrales existantes et la garantie que cette exploitation et la gestion des déchets en découlant seraient protégées de toute «intervention à motivation politique». La construction de nouvelles centrales nucléaires est cependant interdite.

Les autres éléments du compromis sont les suivants: le gouvernement s'engage à ne pas introduire de mesures économiques ou fiscales «unilatérales»; il reconnaît le niveau élevé des normes de sûreté des centrales nucléaires du pays et garantit de ne pas y porter atteinte; les transports de combustible usé vers les sites de retraitement de France et de Grande-Bretagne reprennent pour cinq ans ou jusqu'à l'expiration des contrats; et deux projets de dépôts définitifs (Konrad et Gorleben) sont maintenus.

En juin 2001, les chefs de gouvernement de la coalition rouge-vert signent avec les quatre grands groupes énergétiques du pays un accord mettant en œuvre le compromis de 2000. L'engagement pris par ces groupes de limiter la durée d'exploitation des réacteurs à 32 ans en moyenne entraîne l'arrêt de deux des réacteurs les moins rentables, Stade et Obrigheim, en 2003 et 2005 respectivement, et le décommissionnement d'un réacteur non opérationnel (Mülheim-Kärlich, 1219 MW_e) en 2003. Brunsbüttel est déconnecté provisoirement du réseau en 2007, tout comme Krümmel à l'exception de quelques semaines d'exploitation en 2009. En outre, l'accord interdit jusqu'à nouvel ordre la construction de centrales nucléaires et introduit le principe du stockage sur site des assemblages combustibles usés.

Ce compromis pragmatique limite les ingérences politiques tout en offrant une base et beaucoup de temps pour la formulation d'une politique énergétique nationale. À l'époque, un représentant de l'industrie rappelle à son gouvernement qu'«un approvisionnement énergétique fiable et bon marché doit rester un élément important de la politique économique allemande». On spéculait sur l'avenir de l'accord et de la loi atomique révisée adoptée sous un nouveau gouvernement. Les leaders de l'opposition au Parlement déclarent qu'ils reviendront sur la décision dès qu'ils seront en mesure de le faire, ce qui sera le cas huit ans plus tard.

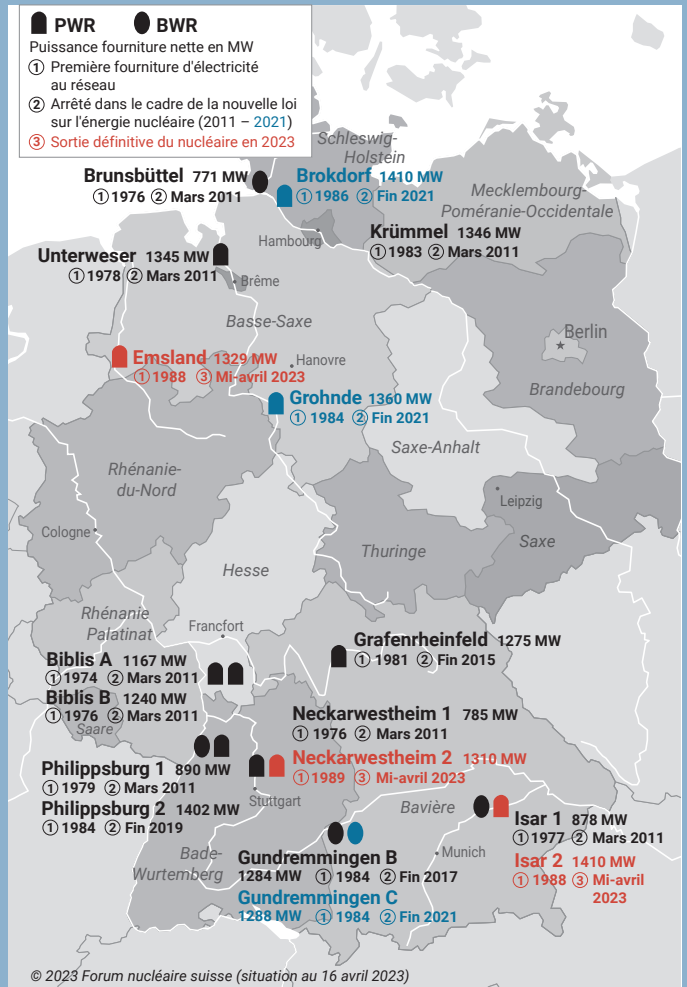
Les fournisseurs d'énergie souhaitent alors porter la durée de vie de tous les réacteurs à 40 ans (contre 32 ans en moyenne), puis demander des prolongations individuelles à 60 ans, comme cela se fait aux États-Unis.

Élu en septembre 2009, le nouveau gouvernement de coalition CDU-FDP s'emploie à mettre fin à la politique de sortie du nucléaire, mais les négociations sur les conditions financières s'étalent sur un an, car le gouvernement souhaite s'attribuer plus de la moitié du bénéfice brut supplémentaire d'au moins 100 milliards d'euros que les quatre sociétés d'exploitation auraient réalisé en cas de prolongation de la durée de vie des réacteurs de 32 à 60 ans. Une telle attribution aurait été nettement plus élevée que les recettes fiscales découlant de la prolongation envisagée.

Le nucléaire en tant que technologie de transition

Un nouvel accord est conclu en septembre 2010. Il maintient certes le principe de l'abandon de l'atome adopté en 2002, mais considère désormais l'énergie nucléaire comme une technologie de transition nécessaire jusqu'à ce qu'elle puisse être remplacée de manière fiable par des énergies renouvelables. La nouvelle stratégie prévoit une prolongation des autorisations d'exploiter de huit ans (à partir des dates fixées en 2001) pour les réacteurs construits avant 1980 et de 14 ans pour les réacteurs construits ultérieurement. Le prix à payer pour l'industrie est de se conformer à plusieurs nouvelles mesures: une taxe sur le combustible nucléaire de 145 euros par gramme d'uranium fissile ou de plutonium pendant six ans, qui doit rapporter 2,3 milliards d'euros par an (environ 1,6 c/kWh) au gouvernement, et le versement de 300 millions d'euros par an en 2011 et 2012, puis de 200 millions d'euros par an de 2013 à 2016, pour promouvoir les énergies renouvelables et financer l'assainissement du site de stockage d'Asse. Après 2016, une taxe de 0,9 c/kWh doit être prélevée dans le même but. Il est prévu que les entreprises d'approvisionnement en énergie puissent réduire leur contribution aux énergies renouvelables si le rééquipement à visée sécuritaire de certaines centrales nucléaires coûte plus de 500 millions d'euros. Fin octobre, ces mesures sont confirmées par un vote du Bundestag (Chambre basse) relatif à deux propositions d'amende-

Les centrales nucléaires en Allemagne



Dates de mise à l'arrêt définitif des tranches nucléaires allemandes à partir de 2011.

ment à la loi atomique, et en novembre 2010, le Bundestag (Chambre haute) confirme lui aussi cette décision.

Nouvelle volte-face après Fukushima

Immédiatement après l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi, survenu le 11 mars 2011, l'Allemagne opère un nouveau revirement en matière de politique énergétique. Le 14 mars, le gouvernement annonce un moratoire de trois mois sur les projets liés à l'atome, afin de permettre la réalisation de tests de sûreté et de robustesse approfondis et de revoir la politique



Le 9 juin 2011, la chancelière Angela Merkel fait une déclaration gouvernementale devant le Bundestag à propos du projet de loi sur la sortie du nucléaire et la transition énergétique.

(Photo: Bundestag allemand / Lichtblick/Achim Melde)

nucléaire. La chancelière de l'époque, Angela Merkel, ordonne que les tranches nucléaires mises en service en 1980 ou avant soient immédiatement déconnectées du réseau. Il s'agit de Biblis A et Biblis B, Brunsbüttel, Isar 1, Neckarwestheim 1, Unterweser et Philippsburg 1, auxquelles s'ajoute une autre tranche, Krümmel, qui avait certes été mise en service en 1984, mais était alors à l'arrêt depuis longtemps déjà. Au total, 8336 MW_e, soit quelque 6,4% de la capacité de production d'électricité du pays, sont ainsi arrêtés par ordre de l'État. Cette décision ne repose pas sur une évaluation de la sûreté des installations en question, et elle n'entraîne pas la suppression de la taxe sur le combustible nucléaire.

En mai 2011 – après avoir examiné les 17 tranches du pays et évalué leur robustesse face aux catastrophes naturelles, aux pannes et aux défaillances du système de refroidissement et de la source externe de courant y compris les groupes diesel de secours, et à celles d'origine humaine (chutes d'aéronefs...) – la Commission

pour la sûreté des réacteurs (RSK) publie un rapport selon lequel tous les réacteurs allemands sont fondamentalement solides et sûrs.

Malgré cette garantie de sûreté, le gouvernement fédéral décide le 30 mai 2011, sous la pression croissante des Länder opposés à l'atome, de reprendre le plan d'abandon du nucléaire du gouvernement précédent et de fermer tous les réacteurs à l'horizon 2022, toujours sans supprimer la taxe sur le combustible nucléaire (voir encadré page 10). Fin juin, le Bundestag adopte ces mesures par 513 voix contre 79, décision que le Bundesrat confirme le 8 juillet. Les deux chambres du Parlement allemand autorisent la construction de centrales au charbon et au gaz, tout en affirmant vouloir maintenir leurs objectifs de réduction des émissions de dioxyde de carbone, et annoncent le développement de l'éolien. C'est cette politique, qui vise à remplacer le nucléaire par de nouvelles capacités fossiles et à développer massivement les énergies renouvelables fortement subventionnées, que l'on appelle la «transition énergétique» allemande.

Prolongation limitée de la durée d'exploitation de trois tranches

L'invasion de l'Ukraine par la Russie suscite un nouveau débat sur l'approvisionnement énergétique du pays et sur une éventuelle prolongation de la durée de vie des trois dernières tranches nucléaires en service. Six tranches avaient été arrêtées auparavant. Le 11 novembre 2022, le Bundestag décide de modifier la loi atomique afin de prolonger la durée d'exploitation des tranches Isar 2, Neckarwestheim 2 et Emsland jusqu'au 15 avril 2023, date à laquelle elles sont fermées définitivement.

Selon les données fournies par son exploitant, Preussen-Elektra, la tranche nucléaire Isar 2 aura permis, en 35 ans de fonctionnement, d'économiser 400 millions de tonnes de CO₂ par rapport à une production de la même quantité d'électricité à partir de charbon ou de gaz.

Réactions critiques en Allemagne

Greenpeace et d'autres militants écologistes fêtent avec jubilation cet abandon du nucléaire, en compagnie de Jürgen Trittin, l'ancien ministre de l'Environnement des Verts. Dans un article publié le 15 avril 2023, la chaîne Deutschlandfunk écrit: «Martin Kaiser, le directeur de

Greenpeace, a qualifié l'arrêt de l'exploitation du nucléaire en Allemagne de belle journée pour la protection du climat».

La science est toutefois loin de corroborer l'idée selon laquelle l'arrêt des centrales nucléaires serait synonyme de protection du climat. Avant même la fermeture des trois dernières tranches nucléaires du pays, le physicien André Thess, professeur à l'Université de Stuttgart, présente d'ailleurs aux médias une étude sur les conséquences négatives de l'abandon de l'atome. Et le 14 avril 2023, le quotidien «Die Welt» écrit: «Selon une étude, l'arrêt des trois dernières centrales nucléaires allemandes, prévu pour samedi, entraînera chaque année l'émission de 15 millions de tonnes supplémentaires de CO₂ qui viendront polluer le climat mondial», car la suppression de l'énergie nucléaire sera compensée à court terme par une hausse de la production d'électricité à base de charbon et de gaz. D'autres médias relèvent que l'Allemagne, malgré sa sortie du nucléaire, dépend en fait toujours de l'atome au travers du courant qu'elle importe de France. La sortie du nucléaire ne suscite apparemment pas non

plus l'enthousiasme des foules en Allemagne. Ainsi, le 15 avril, l'agence Reuters écrit: «Pourtant, les deux tiers des Allemands sont favorables à une prolongation de la durée de vie des réacteurs ou à la remise en service d'anciennes centrales [nucléaires]; selon un sondage de l'institut Forsa mené en début de semaine, seuls 28% sont pour l'abandon de l'atome». D'autres médias rapportent que le FDP et la CDU/CSU estiment que l'arrêt des réacteurs est une erreur, les deux partis craignant que l'approvisionnement en énergie ne soit menacé de pénurie en hiver.

En avril, de nombreux posts publiés sur les réseaux sociaux reprochent au gouvernement allemand d'être sorti du nucléaire contre la volonté du peuple, ce qui n'a rien d'étonnant. D'innombrables tweets se réfèrent aux diagrammes du site Electricity Maps pour démontrer que le mix électrique allemand est devenu plus nocif pour le climat en raison de la production accrue d'électricité à partir de charbon, et pour relever que l'Allemagne achète en outre de l'électricité nucléaire à l'étranger. L'abandon de l'atome par l'Allemagne suscite également



Berlin, porte de Brandebourg, 15 avril 2023: une alliance pronucléaire internationale manifeste contre la fermeture des trois dernières tranches nucléaires d'Allemagne. (Photo: Nuklearia / Rita Richter)

de nombreux hochements de tête désabusés et beaucoup d'incompréhension dans la presse internationale. Le 14 avril, le «Wall Street Journal» écrit: «L'Allemagne s'était déjà distinguée par sa politique énergétique désastreuse, mais elle s'apprête à franchir un nouveau palier ce week-end en fermant les trois dernières centrales nucléaires du pays dans un acte d'autosabotage économique et écologique».

Des années de manipulation de l'opinion publique en défaveur de l'énergie nucléaire

Selon les analyses des médias, la guerre en Ukraine, l'augmentation massive des prix de l'électricité qu'elle a

entraînée et la situation tendue de l'approvisionnement durant l'hiver dernier sont les trois principaux facteurs qui ont conduit à l'instauration d'un sentiment pronucléaire en Allemagne au début de 2023. Comme l'explique l'article «Wie Medien Deutschlands Atomausstieg herbeischrieben» [Comment les médias ont provoqué la sortie du nucléaire en Allemagne] publié par le journal «Die Welt» le 26 juillet 2022 (première publication en mars 2021), une telle évolution est loin d'aller de soi. Le quotidien écrit: «L'abandon du nucléaire par l'Allemagne constitue un cas particulier à l'échelle internationale. Des scientifiques sont parvenus à la conclusion alarmante que les médias ont systématiquement entretenu

Une taxe anticonstitutionnelle

La taxe sur le combustible nucléaire a été introduite le 1^{er} janvier 2011, avant la décision de sortir du nucléaire, et est restée en vigueur jusqu'à fin 2016. Les entreprises devaient la déclarer et la calculer elles-mêmes. Cette taxe s'appliquait à la consommation de combustible nucléaire (U-233 et U-235 ainsi que Pu-239 et Pu-241) pour la production industrielle d'énergie électrique. Avec un taux d'imposition de 145 euros par gramme de combustible, les recettes annuelles escomptées au moment de l'introduction de la taxe s'élevaient à 2,3 milliards d'euros. Après l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi survenu en mars 2011, 8 des 17 tranches nucléaires allemandes ont dû être déconnectées du réseau dans le cadre de la décision d'abandon de l'atome, de sorte que les recettes fiscales se sont en fin de compte élevées à un total de 6,285 milliards d'euros sur les six ans qu'a duré le prélèvement de la taxe.

Les entreprises E.On AG, EnBW Kernkraft GmbH (EnKK) et RWE Power AG ont déposé plainte contre la taxe sur le combustible nucléaire auprès des tribunaux financiers compétents au motif que le gouvernement avait garanti une durée d'exploitation plus longue en contrepartie de cette taxe, garantie qui a été supprimée avec l'accélération de la sortie du nucléaire. C'est ainsi qu'a commencé un bras de

fer qui a duré des années. Les entreprises énergétiques ont tout d'abord été déboutées, notamment devant le tribunal des finances du Bade-Wurtemberg, qui a déclaré la taxe compatible avec la loi fondamentale. La Cour de justice européenne (CJEU) a également considéré que la taxe était juridiquement valable. En revanche, le tribunal des finances de Hambourg a donné raison au groupe énergétique E.On dès 2011, suspendant provisoirement l'exécution de sa déclaration fiscale. Mais la Cour fédérale des finances a cassé ce jugement, à la suite de quoi le tribunal de Hambourg a soumis la question de la constitutionnalité de la taxe à la Cour constitutionnelle fédérale. Dans un arrêt publié le 7 juin 2017, cette dernière a conclu que la taxe sur le combustible prélevée de 2011 à 2016 était anticonstitutionnelle car elle ne pouvait pas être classée dans la catégorie des impôts sur la consommation, si bien que le législateur fédéral n'avait pas la compétence de l'édicter.

Le montant remboursé aux exploitants de centrales nucléaires en raison de l'inconstitutionnalité de cette taxe s'est élevé à environ 7,61 milliards d'euros (intérêts compris). C'est ce qui ressort de la réponse donnée par le gouvernement fédéral en juillet 2021 à une question du groupe parlementaire FDP.

un climat antinucléaire pendant des décennies – forçant ainsi littéralement l’abandon de l’atome».

Selon «Die Welt», le spécialiste allemand de la communication Hans Mathias Kepplinger a démontré, en comparant les informations fournies par les médias internationaux et allemands depuis les années 1960, qu’un parti pris contre l’énergie nucléaire est fortement ancré chez de très nombreux journalistes allemands. Selon lui, ces derniers donnent avant tout la parole aux adversaires de l’atome et aux partisans de la sortie du nucléaire; ils passent pratiquement sous silence les avis positifs sur la sûreté nucléaire émanant de scientifiques internationaux; et ils suscitent délibérément l’impression que le camp des partisans de l’énergie nucléaire est plus clairsemé qu’en réalité. Les journalistes allemands ont en outre transposé sans nuance aux réacteurs allemands des accidents nucléaires comme ceux de Tchernobyl et de Fukushima afin de susciter l’impression que l’énergie nucléaire est une technologie à haut risque.

Dans un article sur la sortie allemande du nucléaire paru le 13 avril 2023 dans la «Neue Zürcher Zeitung» (NZZ) et intitulé «Die Grünen-Flüsterin: wie eine Ökonomin Munition für den Kampf gegen die Kernkraft lieferte» (ce que l’on pourrait traduire par «La femme qui murmurait à l’oreille des Verts: comment une économiste a fourni des munitions dans la lutte contre l’atome»), l’économiste Ferdinand Dudenhöffer, qui a récemment mené des recherches à l’Université de Saint-Gall, écrit: «Le risque nucléaire est considéré comme beaucoup plus élevé en Allemagne qu’il ne l’est en France ou en Suède [...] Outre-Rhin, les opposants au nucléaire ont très bien réussi à imposer leur évaluation des risques au monde politique.» Résultat des courses: les contraintes imposées aux exploitants se sont durcies, leurs coûts ont augmenté, et la rentabilité a baissé. L’article porte en particulier sur le rôle joué par l’économiste Claudia Kemfert, de l’Institut allemand de recherche économique (DIW Berlin), et met en doute la neutralité scientifique de cette dernière. Selon la NZZ, un cadre d’un institut de recherche économique de renom aurait déclaré: «Mme Kemfert ne fait pas vraiment de la recherche, elle fait de la politique verte à coup de notes de bas de page académiques».



Exploitée par PreussenElektra, la centrale nucléaire d’Isar, en Bavière, a fait ses adieux d’une manière assez originale: du 18 au 22 décembre 2022, différents messages ont été projetés chaque jour à heures fixes sur la tour de refroidissement d’Isar 2 en guise de remerciement au personnel de la centrale, à son voisinage et aux entreprises de service. (Photo: PreussenElektra)

L’approche de l’ancien ministre de l’Environnement des Verts, Jürgen Trittin, procède d’une logique similaire. Le 30 octobre 2022, M. Trittin explique ce qui suit au quotidien «Die Welt»: «Il était clair pour nous que nous ne pourrions pas stopper l’énergie nucléaire uniquement en manifestant dans la rue. Nous nous sommes donc employés, dans les gouvernements de Basse-Saxe et plus tard de Hesse, à réduire à néant la rentabilité des centrales nucléaires par un durcissement des exigences de sûreté» (M.A./B.G./D.B. d’après WNA, *Nuclear Power in Germany*, updated April 2023, et d’autres sources)

Red Book 2022: des réserves d'uranium suffisantes malgré un recul de la production

Les auteurs du dernier «Red Book», publié conjointement par l'Agence de l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), indiquent qu'au total, les ressources mondiales d'uranium ont reculé de manière modérée sur la période 2020–2021 tandis que la production d'uranium a quasiment chuté de 12% entre 2018 et 2020.

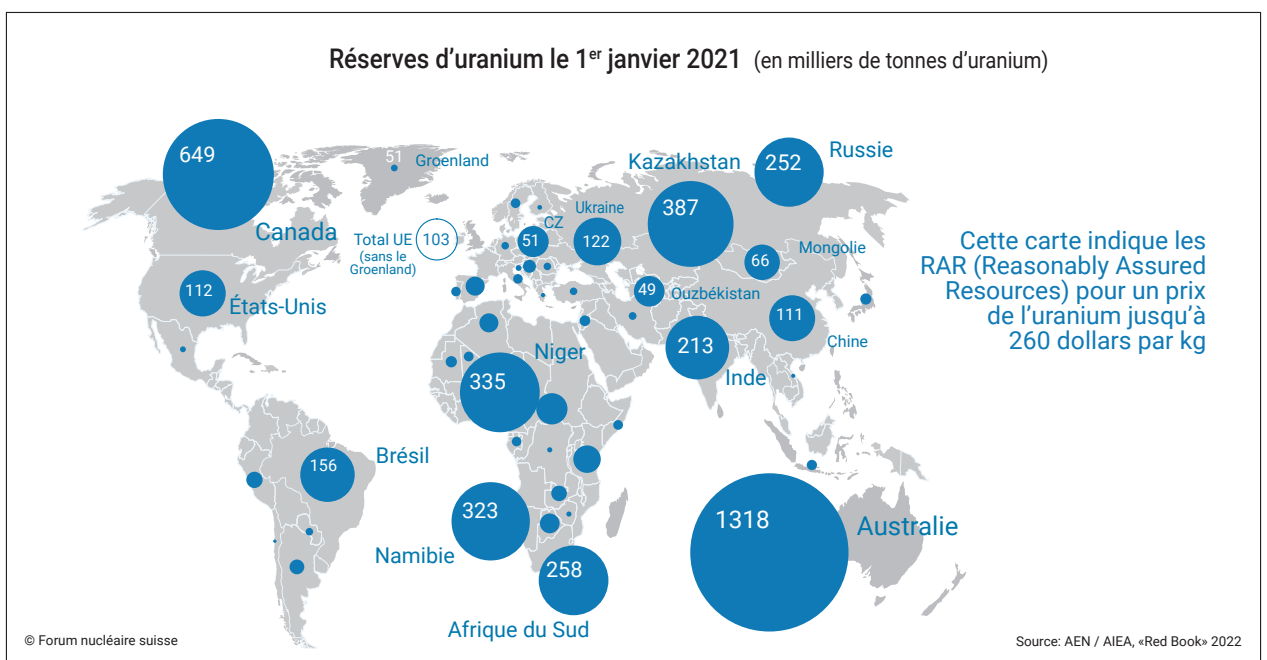
Depuis le milieu des années 1960, l'Agence de l'énergie nucléaire (AEN) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) actualisent régulièrement les statistiques sur les réserves mondiales d'uranium ainsi que sur l'exploration, la production et la demande d'uranium. Le rapport «Uranium 2022: Resources, Production and Demand» – la dernière version du «Red Book» – couvre la période du 1^{er} janvier 2019 au 1^{er} janvier 2021. Toutefois, d'après l'AEN, il contient également quelques informations importantes sur les années 2021 et 2022. Le «Red Book» est publié tous les deux ans.

Malgré une légère baisse, les réserves d'uranium sont largement suffisantes

Le «Red Book» distingue entre les ressources raisonnablement assurées (Reasonably Assured Resources,

RAR) et les ressources supposées (Inferred Resources, IR). Combinées, ces ressources constituent les ressources identifiées (Identified Recoverable Resources). À cette subdivision selon le degré de certitude s'ajoute également une classification des réserves d'uranium selon les coûts prévisibles de l'exploitation (en dollars américains par kilogramme d'uranium métal, USD/kg d'U). Les auteurs du «Red Book» établissent quatre catégories de coûts: une catégorie basse (jusqu'à 40 USD/kg d'U), une catégorie moyenne (jusqu'à 80 USD/kg d'U), une catégorie élevée (jusqu'à 130 USD/kg d'U), et une catégorie très élevée (jusqu'à 260 USD/kg d'U).

Début janvier 2021, les réserves d'uranium exploitables identifiées jusqu'à la limite de prix de 260 USD/kg d'U (100 USD/lb U₃O₈) s'établissaient à 7'917'500 tonnes d'uranium (t d'U), ce qui induit un léger recul de moins de



2% par rapport à 2019. Jusqu'à la limite de 130 USD/kg d'U (50 USD/lb U₃O₈), 6'078'500 t d'U (-1%) sont considérées comme exploitables. Au regard du besoin annuel du parc de réacteurs commerciaux actuel, qui s'établit autour de 60'100 t d'U (état: janvier 2021), cela signifie que les réserves d'uranium mondiales enregistrées seront suffisantes durant plus de 130 ans.

Si le développement de l'énergie nucléaire d'ici à 2040 est mis en œuvre dans de nombreux pays conformément aux projections (les scénarios postulent une augmentation nette de la capacité nucléaire jusqu'à 677 GW_e), le besoin annuel mondial d'uranium pourrait augmenter jusqu'à atteindre 108'000 t d'U (hors combustibles MOX). D'après l'AEN et l'AIEA, les réserves d'uranium connues à ce jour seraient alors largement suffisantes. Toutefois, 80% des réserves exploitables dans la catégorie de prix jusqu'à 80 USD/kg d'U seraient consommées d'ici à 2040, contre seulement 26% dans la catégorie de prix jusqu'à 130 USD/kg d'U.

D'après les deux agences, des quantités importantes pourraient s'ajouter aux ressources d'uranium considérées aujourd'hui comme assurées en cas d'amélioration des techniques d'extraction, d'identification de nouveaux sites supposés ou spéculatifs, ou d'utilisation de ressources non conventionnelles.

L'Australie, première réserve assurée

Les RAR mondiales s'établissaient au total à 4'688'300 t d'U à la fin de la période sous revue. L'Australie possède, de loin, les plus importantes réserves assurées (cf. carte ci-contre), devant le Canada et le Kazakhstan. Il convient ici de tenir compte du fait que les données contenues dans le «Red Book» se réfèrent aux réserves qui peuvent être produites à un prix pouvant atteindre 260 USD/kg d'U et qui se trouvent dans des sites d'uranium classiques (uranium primaire). En 2021, 63% de cet uranium ont été extraits par lixiviation in situ (extraction souterrain du minerai d'uranium par forage), 17% provenaient de mines à ciel ouvert, 15% de mines souterraines, et le reste a été obtenu en tant que produit secondaire de l'extraction de cuivre et d'or.

L'AEN rappelle que les chiffres relatifs aux réserves d'uranium contenus dans le rapport représentent un cliché au 1^{er} janvier 2021, et qu'ils proviennent, pour l'es-

sentiel, de sources gouvernementales officielles. «Les lecteurs et lectrices doivent bien avoir à l'esprit que les chiffres relatifs aux réserves sont dynamiques et qu'ils dépendent des prix de la matière première.»

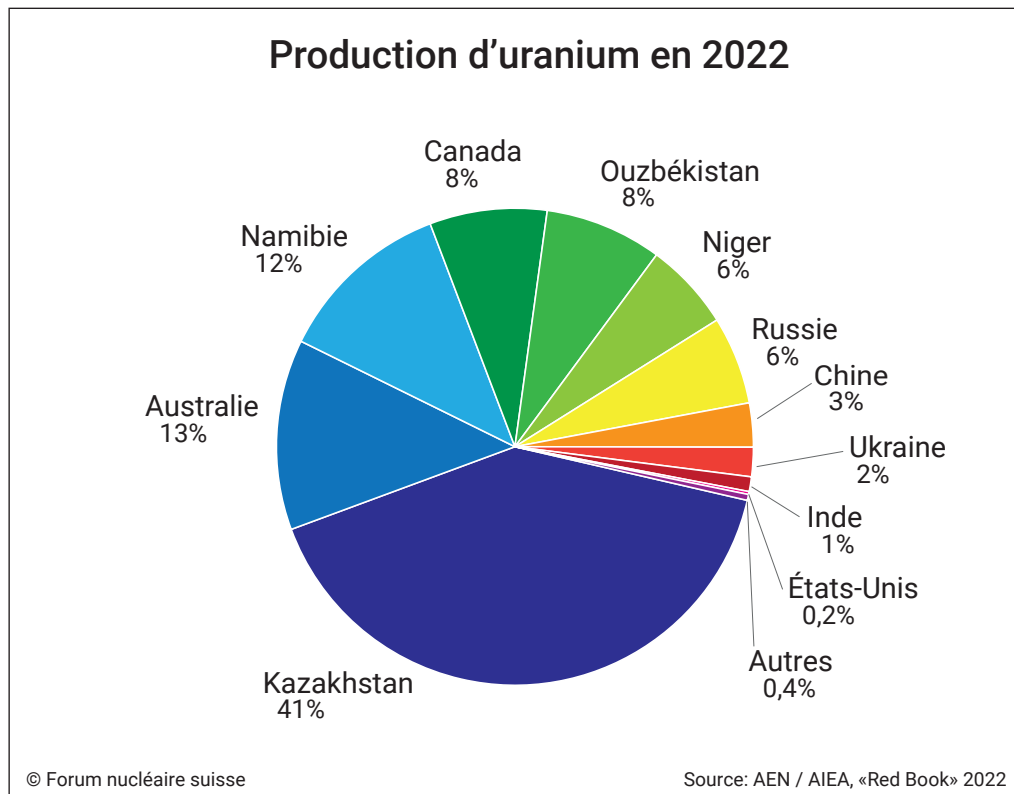
Production: le Kazakhstan conserve la première place

Le 1^{er} janvier 2021, 17 pays ont communiqué leur production d'uranium. Les cinq plus gros producteurs de l'année 2020 étaient le Kazakhstan, suivi de l'Australie, de la Namibie, du Canada et de l'Ouzbékistan (cf. graphique p. 14). Le Kazakhstan reste, de loin, le premier producteur d'uranium au monde, malgré une baisse de la production de 21'705 t d'U en 2018 à 19'477 t d'U en 2020. En 2020, sa production était supérieure à la production cumulée des quatre pays suivants dans le classement. Ces cinq premiers pays représentaient, au global, 81% de la production mondiale.

Des réductions de production importantes

Début 2021, la production mondiale d'uranium primaire couvrait près de 79% du besoin du parc nucléaire mondial. Le reste provenait de sources secondaires telles que des stocks, de l'uranium d'origine militaire reconstitué, du retraitement d'assemblages combustibles et du ré-enrichissement d'uranium (re-enriched tails) issu de résidus d'un premier enrichissement.

Au global, la production mondiale d'uranium a reculé de 12% entre 2018 et 2020, pour passer de 53'501 t d'U à 47'342 t d'U, les producteurs ayant procédé à des réductions en raison des prix bas du marché. Une légère augmentation a suivi en 2021 (47'472 t d'U). Ces réductions planifiées ont été les plus fortes au Canada et au Kazakhstan. Au Canada, la production d'uranium a diminué de 45%, et est passée de 6996 t d'U en 2018 à 3878 t d'U en 2020: l'exploitation à Rabbit Lake a été suspendue mi-2016, celle à McArthur River a été définitivement arrêtée en 2018, de même que le traitement de l'uranium à Key Lake – à chaque fois en raison de conditions de marché défavorables. La production a massivement baissé également aux États-Unis. À ce jour, 14 mines d'uranium d'une capacité de production annuelle de 29'400 t d'U sont à l'arrêt. Les auteurs du rapport estiment que ces mines pourraient être remises en service assez rapidement en cas de signaux positifs du marché. →



Les impacts des mesures anti-Covid toujours perceptibles

Les réductions planifiées de la production d'uranium ont été accentuées par l'apparition de la pandémie de Covid-19, début 2020. Ainsi, au Canada, Cameco a annoncé en mars 2020 que la production d'uranium à la mine de Cigar Lake avait dû être suspendue, et Orano a informé que les travaux à McClean avaient été stoppés en raison de la pandémie. Au Kazakhstan, JSC National Atomic Company Kazatomprom a annoncé début avril 2020 que, pour les mêmes raisons, l'exploitation de l'ensemble des mines d'uranium était restreinte pour une durée de trois mois. La pandémie a entraîné des restrictions dans d'autres entreprises d'extraction minière, par exemple en Australie, en Namibie et en Afrique du Sud. Certaines de ces restrictions ont été levées en août 2020, et plusieurs producteurs ont pu relancer progressivement la production. Toutefois, en raison de ces réductions non planifiées, certains producteurs n'ont pas atteint leurs objectifs pour l'année 2020.

Perspectives

D'après les auteurs du rapport, entre 2021 et 2022, de nombreux pays ont modifié leur perception de l'énergie nucléaire en tant que ressource stratégique pour garantir l'indépendance énergétique. Cela se reflète dans les changements de cap opérés par certains gouvernements en matière de politique nucléaire. Cette situation étant également la conséquence de la crise énergétique traversée par l'Europe en 2022 en raison de bouleversements géopolitiques, l'édition de 2024 fournira un aperçu plus complet des conséquences de ces évolutions sur la demande et l'offre d'uranium.

L'AEN et l'AIEA estiment qu'après une période de recul de la production d'uranium, de frein aux investissements, et de prix comparativement bas, il convient de voir si l'environnement de marché et l'environnement politique en pleine mutation inciteront à un développement significatif du marché de l'uranium. (M.A./C.B. d'après le rapport «Uranium 2022: Resources, Production and Demand» de l'OCDE/AEN/AIEA)

Transition énergétique et atome: la branche nucléaire doit encore «faire ses devoirs»

Pour le cabinet de conseil international McKinsey, l'énergie nucléaire a le potentiel de contribuer dans une mesure significative à la réussite de la transition énergétique. Le développement de la production nucléaire d'électricité requis pour couvrir les besoins exige toutefois de la branche qu'elle se mobilise rapidement et efficacement. Le moment est venu pour elle de relever le défi.

Dans un article détaillé, McKinsey met en lumière l'apport possible de l'atome dans la réalisation de l'objectif mondial du zéro émission nette, mais aussi les défis que les développements nécessaires représentent pour l'industrie nucléaire. Aujourd'hui, la production d'électricité compte pour quelque 30% des émissions mondiales de CO₂, principalement en raison de l'utilisation de combustibles fossiles. En conséquence, bon nombre de pays ont investi massivement dans les énergies renouvelables au cours des dernières années. Il n'est cependant pas certain que le développement rapide de ces énergies – associé à d'autres solutions émergentes telles que le captage de CO₂, le stockage d'énergie à long terme et l'hydrogène – suffise à atteindre le zéro net tout en couvrant l'augmentation prévue des besoins en électricité. Selon les calculs de McKinsey, la consommation mondiale d'électricité pourrait tripler d'ici 2050. «Le besoin résultant en nouvelles productions d'électricité à faible teneur en carbone ou entièrement décarbonée sera sans précédent dans l'histoire du réseau électrique mondial», affirme le cabinet de conseil.

McKinsey relève que l'électricité d'origine nucléaire est une énergie sobre en carbone qui peut être produite presque en tout temps, ce qui la prédispose à servir de complément aux formes d'énergie non réglable que sont le photovoltaïque et l'éolien. Toutefois, après avoir connu un essor dans les années 1960 et 1970, la construction de centrales nucléaires stagne actuellement. Mais cette phase de stagnation pourrait bien prendre fin. En effet, des facteurs tels que la sécurité d'approvisionnement, le manque d'espace pour les énergies renouvelables, les exigences du réseau d'électricité ainsi que le rythme insuffisant du développement des énergies renouvelables et des capacités de stockage «ont réintroduit le nucléaire dans le débat sur la transition énergétique». En parallèle, les progrès en matière de sûreté et de gestion des déchets ont contribué à dissiper les craintes de na-

guère. Sans compter que les avancées réalisées dans la technologie des réacteurs promettent des installations moins coûteuses à construire et à exploiter.

La transition énergétique pourrait nécessiter jusqu'à 800 GW de capacités nucléaires supplémentaires

Afin d'estimer la quantité d'énergie nucléaire nécessaire pour soutenir la transition énergétique, le cabinet McKinsey a utilisé une «modélisation technico-économique du réseau» pour effectuer des projections relatives au mix d'électricité jusqu'en 2050. Selon ces simulations, la transition énergétique pourrait nécessiter 400 à 800 GW de capacités nucléaires supplémentaires afin de répondre aux besoins en énergie disponible à la demande (c'est-à-dire non éolienne et non photovoltaïque) d'ici 2050. Cela représente un doublement, voire un triplement des capacités actuelles, et un rythme de croissance de 50 GW par an à partir de 2030.

McKinsey s'interroge sur la capacité de l'industrie nucléaire à assurer une telle expansion, et dresse la liste des problèmes et des défis que la construction de centrales nucléaires a posés au cours des 20 dernières années:

- complexité et diversité des conceptions de réacteurs, de sorte que chaque nouvelle centrale est une «première du genre» et que les conceptions standard sont peu utilisées, alors qu'elles pourraient permettre des améliorations d'un projet à l'autre;
- base industrielle (chaînes d'approvisionnement) limitée pour les matériaux, les systèmes et les composants, et besoin de processus de fabrication spécialisés et de matériaux rares;
- manque d'ouvriers qualifiés et d'employés disposant de l'expertise nécessaire, aggravé par le vieillissement des spécialistes expérimentés du nucléaire;
- limitations affectant la capacité à réaliser des constructions de manière efficace afin de garantir le

respect des délais et du budget tout en répondant à des normes de qualité strictes;

- partenariats et contrats de construction ne reflétant pas l'ampleur des risques de projet et la complexité de la technologie;
- exigences réglementaires complexes, changeantes, et non uniformes d'un gouvernement à l'autre pour la construction d'installations.

La branche dans l'impasse

«Ce tissu de problèmes a créé un cercle vicieux pour la branche. Les projets de centrales connaissent des retards de construction et des dépassements de coûts», résumement les auteurs. Pourtant, les nouvelles technologies de réacteurs promettent un abaissement des coûts, un raccourcissement des durées de construction et d'autres avantages potentiels.

Toujours selon les auteurs, la branche se trouve tout de même dans une impasse. «Bien que, pour la première fois depuis plus d'une décennie, la dynamique soit à nouveau positive, il existe un risque – si les premiers projets de construction ne respectent pas le budget et le calendrier prévus – que les nouvelles centrales nucléaires ne réalisent pas leur plein potentiel en termes de soutien à la transition énergétique», prévient McKinsey. Afin de créer les meilleures conditions possibles pour le développement de l'énergie nucléaire, le cabinet de conseil a identifié huit mesures clés que la branche et toutes les parties concernées devraient envisager de prendre:

1. Obtention de nouveaux financements pour toute la chaîne de création de valeur menant à la construction de nouvelles centrales nucléaires

Selon les estimations de McKinsey, le coût du capital nécessaire à une augmentation des capacités suffisamment rapide pour atteindre les objectifs de décarbonation pourrait s'élever à environ 500 milliards de dollars américains par an. Il faudrait que des investisseurs privés viennent soutenir le développement de nouvelles technologies, la mise à l'échelle des capacités de production et la construction de nouveaux réacteurs. Mais quelles que soient les sources d'investissement, la gestion des risques financiers sera essentielle. Le soutien du monde politique pourrait être nécessaire pour couvrir ces

risques au fur et à mesure du développement de la branche. Les gouvernements pourraient offrir des garanties ou des financements directs. Quant aux producteurs d'électricité qui opèrent dans le monde entier, ils pourraient envisager de répartir les risques sur de grands bilans.

2. Augmentation de la main-d'œuvre active dans la fabrication, la construction et l'exploitation

Aux États-Unis et au Canada, par exemple, l'industrie nucléaire représente aujourd'hui un total de près de 600'000 emplois, dont environ 130'000 emplois directs. Selon McKinsey, la main-d'œuvre dans la branche nucléaire devrait passer à plus d'un million de personnes rien que dans ces deux pays – et à plus de cinq millions dans le monde – si l'on veut que l'industrie dispose des capacités nécessaires à la construction de 50 GW par an.

3. Établissement de procédures d'homologation optimisées au plan mondial

Les entreprises, les autorités de surveillance et les décideurs politiques pourraient créer un consortium industriel qui serait chargé de définir des exigences d'homologation applicables dans le monde entier et de travailler de manière proactive avec les gouvernements afin d'établir un calendrier de mise à l'échelle des capacités. Ces tâches pourraient également être confiées à un consortium existant.

4. Mise en œuvre de bonnes pratiques dans les projets individuels

L'application de bonnes pratiques aux grands projets d'investissement est susceptible de réduire la probabilité de dépassement des coûts et des délais. McKinsey se réfère ici aux enseignements tirés d'autres secteurs ou de mégaprojets. Selon le cabinet de conseil, de tels enseignements pourraient apporter une contribution d'«une valeur inestimable» à la réussite des projets nucléaires.

5. Mise en œuvre de bonnes pratiques dans toute la branche aux fins de la mise à l'échelle des capacités de production

La branche pourrait prendre les mesures suivantes:

- établissement de conceptions standard;

- utilisation d'un modèle reproductible pour la construction;
- réalisation des nouvelles installations sur des sites préexistants;
- recours accru à la construction modulaire pour les composants standardisés.

6. Coordination et mise à l'échelle des capacités de production et de la chaîne d'approvisionnement

Si la branche connaît une croissance rapide, des goulets d'étranglement risquent de se produire dans la chaîne d'approvisionnement. Un soutien étatique accru aux programmes de construction de centrales renforcerait la confiance des investisseurs dans la mise en place de chaînes d'approvisionnement. En outre, les acteurs de la branche pourraient envisager de créer des centres d'excellence afin de développer de nouveaux processus de fabrication et de permettre à davantage de fournisseurs de composants d'acquies les qualifications nécessaires.

7. Poursuite de l'exploitation et de la maintenance fiables et sûres des installations existantes

Les installations modernes actuellement en service fonctionnent de manière sûre et fiable, mais font face à des défis économiques croissants. L'exploitation sûre, fiable et efficace des capacités nucléaires actuelles contribuerait à les maintenir en service (plutôt que de les arrêter en raison de coûts d'exploitation trop élevés) ainsi qu'à préserver les chaînes d'approvisionnement et la main-d'œuvre existante.

8. Accélération du développement des réacteurs de la prochaine génération

L'accélération de la mise en service commerciale des technologies de génération III+ et IV pourrait, au fil du temps, réduire les coûts d'investissement et rendre plus rapide la construction des installations grâce à l'apprentissage par la pratique, à des gains d'efficacité dans les chaînes d'approvisionnement et à d'autres avantages. Les acteurs de l'industrie nucléaire pourraient aussi envisager des consortiums public-privé afin d'accélérer le développement technologique.

«Le potentiel de l'énergie nucléaire est plus que jamais indispensable pour atteindre le zéro net à l'échelle mon-



Certains projets de centrales nucléaires connaissent des retards de construction et des dépassements de budget pouvant se chiffrer en milliards de dollars, ce qui complique l'obtention de financements pour les projets ultérieurs. Ainsi, des projets en Finlande, en France, au Canada et aux États-Unis ont enregistré des retards et des surcoûts importants. Dans certains cas, le montant des offres s'est par ailleurs avéré inabordable pour les investisseurs. Ces revers ont notamment pour effet de limiter le développement de parties de la base industrielle qui sont essentielles pour soutenir la construction et l'exploitation des projets futurs. La photo montre l'EPR finlandais Olkiluoto 3, qui est entré en service commercial début mai 2023, avec plus de dix ans de retard. (Photo: Forum nucléaire suisse)

diale. Développer l'industrie nucléaire pour atteindre cet objectif est une entreprise de grande ampleur qui requiert le franchissement de toute une série d'obstacles, mais nous sommes convaincus qu'elle est réalisable. Le moment est maintenant venu pour la branche de relever le défi», écrivent les auteurs. (S.D./D.B. d'après McKinsey & Company, «What will it take for nuclear power to meet the climate challenge?», 23 mars 2023)

Approvisionnement en électricité de la Suisse: ne pas répéter les erreurs du passé



Ulrich Fischer

Ancien conseiller national et ancien directeur de la société Centrale Nucléaire de Kaiseraugst SA

Si nous n'agissons pas maintenant, la dépendance de la Suisse aux importations d'électricité va encore augmenter. Malgré le développement accéléré des énergies alternatives, le nucléaire reste indispensable pour couvrir les besoins en électricité du pays, garantir la sécurité de son approvisionnement et maintenir ses émissions de CO₂ à un bas niveau. De nouveaux réacteurs sont nécessaires – c'est pourquoi l'interdiction de les construire doit être levée.

Depuis un certain temps, en particulier depuis l'invasion de l'Ukraine par la Russie, l'inquiétude monte en Suisse quant au risque de ne pas disposer d'un approvisionnement en électricité suffisant. Les exportations de pétrole et de gaz russes ayant été fortement réduites, nos pays voisins ont eux aussi connu une pénurie d'énergie qui laisse craindre que la Suisse ne puisse pas importer assez d'électricité pour compléter sa production propre et couvrir ses besoins.

Notre pays ne se serait pas retrouvé dans cette fâcheuse posture si, entre 2000 et 2017, il avait défini autrement les grandes orientations de sa politique énergétique. Après la débâcle de Kaiseraugst en 1985/89, la situation s'est apaisée pendant quelques années, d'autant que deux centrales nucléaires avaient pu être bâties à Gösgen et Leibstadt, à la faveur du calme en marge de la tempête de Kaiseraugst, ce qui a permis d'assurer provisoirement la couverture des besoins en électricité. Mais il est vite apparu que l'augmentation de la consommation rendait indispensable la construction d'autres installations de production si l'on ne voulait pas dépendre davantage des importations d'électricité. Comme dans

la plupart des pays européens, la priorité était de poursuivre l'exploitation de l'énergie nucléaire.

Mais en 2011 est survenu l'accident de Fukushima. Un tsunami dévastateur a ravagé le paysage, provoquant de nombreuses victimes et inondant la centrale nucléaire locale, insuffisamment protégée contre les masses d'eau par un mur trop peu élevé. Il y a eu fusion du cœur dans trois tranches, le refroidissement de ces dernières n'étant plus assuré.

Cet événement a été lourd de conséquences pour la politique énergétique de notre pays. Outre-Rhin, la chancelière Angela Merkel a fait volte-face en matière d'énergie nucléaire, déclarant que l'Allemagne ne pouvait plus assumer la responsabilité de l'exploitation de l'atome. Sous l'égide de la ministre de l'Énergie Doris Leuthard, un Conseil fédéral majoritairement féminin lui a emboîté le pas, remettant en cause du jour au lendemain l'énergie nucléaire, jusqu'alors considérée comme indispensable à l'approvisionnement en électricité de la Suisse. Dans le cadre des délibérations sur la stratégie énergétique 2050, une disposition interdisant l'octroi d'autori-

sations générales a été ajoutée à la loi sur l'énergie nucléaire. Cet ajout a été confirmé lors de la votation populaire de 2017. On avait fait croire au peuple que les besoins en électricité de notre pays pouvaient être couverts sans problème en l'absence d'énergie nucléaire, à condition de consommer l'énergie avec parcimonie et de développer massivement les installations solaires et éoliennes ainsi que les importations.

Aujourd'hui, on se rend compte peu à peu que cette politique conduit à de douloureux goulots d'étranglement dans l'approvisionnement en électricité. La réduction massive, due à la guerre en Ukraine, des achats d'énergie russe par les pays de l'UE n'est pas restée sans effets – en termes de disponibilité et de prix – sur les importations suisses d'électricité en provenance des pays voisins, et cette situation devrait encore s'accroître à l'avenir. En conséquence, la Confédération s'est elle-même sentie obligée de faire construire une centrale au gaz/pétrole à Birr. Ainsi, du fait de notre renonciation à l'énergie nucléaire, nous nous voyons contraints de recourir à des installations fossiles pour couvrir nos besoins, alors que nous disposions naguère d'un approvisionnement en électricité pratiquement exempt de CO₂. Toutes nos bonnes intentions en matière de décarbonation s'en trouvent réduites à un tigre de papier. Si la situation d'approvisionnement continue de se dégrader, il est fort probable que d'autres péchés du même ordre seront commis. Si nous avions construit une, voire deux centrales nucléaires en plus de Gösgen et Leibstadt, cette problématique n'existerait pas aujourd'hui et notre approvisionnement en électricité serait assuré malgré les turbulences touchant l'étranger. Malheureusement, les voix qui à l'époque se sont élevées en ce sens n'ont pas été entendues.

À l'heure où nous définissons les grandes orientations de notre approvisionnement en électricité pour les prochaines décennies, il convient de tout mettre en œuvre pour ne pas répéter les erreurs du passé. À court terme, il semble tout à fait judicieux de miser principalement sur le photovoltaïque, en plus de l'énergie hydraulique et de l'exploitation la plus longue possible des centrales nucléaires existantes. L'éolien a moins de chances d'apporter une contribution significative en Suisse, car les conditions de vent sont défavorables et l'opposition à

ces constructions géantes est forte en raison de leurs nuisances sonores et des atteintes qu'elles portent au paysage. Malgré les efforts d'économie d'électricité et le développement grandement accéléré des énergies alternatives, ces dernières ne peuvent contribuer qu'insuffisamment à l'approvisionnement, d'autant que la consommation est en hausse constante. D'où une augmentation programmée de notre dépendance aux importations en provenance d'Allemagne (courant issu de centrales au charbon et au pétrole) et de France (courant issu essentiellement de centrales nucléaires). Pour juguler ce dangereux phénomène, il nous faut accroître notre production domestique d'électricité, ce qui, dès lors que l'on veut se passer de sources fossiles, n'est possible qu'avec l'énergie nucléaire.

À l'exception de l'Allemagne et de l'Autriche, la plupart des pays d'Europe misent sur le nucléaire. Pour pouvoir envisager à nouveau cette option en Suisse, comme le souhaite la majorité de la population selon un sondage représentatif, il faut tout d'abord lever l'interdiction de 2017. Ce n'est qu'ensuite qu'il sera possible de déterminer le type de réacteur le plus approprié pour l'avenir en termes de sûreté, de puissance, de disponibilité et de coûts, et d'initier la procédure d'autorisation pour un projet concret. Il est donc urgent de franchir sans tarder cette première étape afin de garantir notre approvisionnement en électricité de demain. (D.B.)

Ulrich Fischer, licencié en droit et avocat, a été directeur de la société Centrale nucléaire de Kaiseraugst SA de 1970 à 1986. Ses fonctions de député au Grand Conseil argovien (1981–1988) et de conseiller national (1987–2003) l'ont amené à s'intéresser de près à la politique énergétique suisse, et il est l'auteur du livre «Brennpunkt Kaiseraugst – Das verhinderte Kernkraftwerk».

Les propos des auteurs invités ne reflètent pas nécessairement le point de vue du Forum nucléaire suisse.

En Suisse

Dans le cadre des débats sur l'acte modificateur unique, le **Conseil national** a rejeté plusieurs propositions relatives à la construction de nouvelles centrales nucléaires. Une proposition portant sur des dates fixes de mise à l'arrêt des installations n'a pas recueilli de majorité non plus. Ainsi, l'interdiction de construire de nouvelles centrales et la sortie progressive du nucléaire sans limitation des durées de fonctionnement restent en vigueur.



Lors de la session de printemps 2023, le Conseil national a rejeté plusieurs propositions de modification de la loi sur l'énergie nucléaire. (Photo: Services du Parlement / Rob Lewis)

En 2022, la **consommation d'électricité** en Suisse s'est établie à 57,0 milliards de kilowattheures (kWh), affichant ainsi une baisse de 1,9% par rapport à l'année précédente. La production nationale – après déduction de la consommation des pompes d'accumulation – a atteint 57,9 milliards de kWh. Le solde importateur physique a atteint 3,4 milliards de kWh.



La consommation d'électricité en Suisse a baissé de 1,9% en 2022. (Photo: Axp0)

Les résultats de la dernière **enquête** effectuée par l'Office fédéral de l'énergie pour la Suisse alémanique ont montré que le rejet d'un dépôt en profondeur n'est plus aussi important qu'auparavant.

En 2022, les installations nucléaires suisses ont respecté toutes les valeurs limites fixées par la législation sur la radioprotection. Telle est la conclusion tirée par l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) dans le **rapport sur la protection 2022** qui vient d'être publié.



Exercice général d'urgence 2022: transport par hélicoptère de matériel de secours tels que des générateurs et des pompes. (Photo: DDPS)

Afin de préparer les déchets radioactifs en vue de leur stockage dans un dépôt en couches géologiques profondes, ceux-ci doivent être placés dans des conteneurs de stockage final. Actuellement, les déchets se trouvent dans des dépôts intermédiaires tels que celui de Zwiilag, à Würenlingen. Un groupe de travail constitué de représentantes et représentants de la région concernée suivra la planification des **installations de conditionnement**.

À l'étranger

Dans le cadre du Nuclear Energy Forum organisé en marge du sommet du G7 qui s'est tenu à Sapporo, au Japon, **le Canada, les États-Unis, la France, la Grande-Bretagne et le Japon** ont déclaré leur volonté de garantir un approvisionnement stable en combustible nucléaire pour les réacteurs actuels et futurs.



Photo de groupe de la rencontre du G7 sur le climat, l'énergie et l'environnement dans la ville japonaise de Sapporo. (Photo: Ministère japonais de l'Environnement)

Le projet de fonds pluriannuel de lutte contre le dérèglement climatique 2024 présenté par le **gouvernement néerlandais** prévoit un budget de 319 millions d'euros pour encourager le développement du nucléaire. L'idée est de pouvoir proposer, dès 2035, une électricité sans émission de CO₂, à un coût abordable.



Selon Rob Jetten, ministre néerlandais du Climat et de l'Énergie, l'énergie nucléaire jouera dès 2035 un rôle essentiel aux Pays-Bas dans la production d'électricité sans émissions de CO₂. (Photo: Gouvernement néerlandais)

Le **Canada** souhaite investir massivement dans l'augmentation, nécessaire, des capacités de production de courant «propre». Dans le cadre de cet encouragement, le gouvernement ne fait aucune différence entre l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables.



La ministre des Finances canadienne, Chrystia Freeland, a présenté le budget 2023 et les options mises en place pour encourager l'énergie nucléaire. (Photo: Tweet de Chrystia Freeland)

Les résultats d'une **enquête** récente indiquent que l'utilisation de technologies nucléaires avancées à des fins de production d'électricité bénéficie d'un large soutien dans plusieurs pays – et ce également parmi les partis écologistes, les organisations environnementales et dans les pays dont les gouvernements ont décidé d'arrêter les réacteurs en service commercial.

La **Great Lakes Clean Hydrogen Hub Coalition (GLCH)** a déposé une demande de soutien à la création d'un centre régional d'hydrogène dans le cadre du programme d'investissement américain Infrastructure Investment and Jobs Act. Elle propose de produire de l'hydrogène décarboné en recourant au procédé de l'électrolyse dans la centrale nucléaire de Davis-Besse et, au besoin, de compléter cet hydrogène par de l'hydrogène issu de projets d'énergie solaire menés dans la région.

Les travaux de construction de **Sanmen 4** dans la province du Zhejiang, dans l'est de la Chine, ont été lancés officiellement le 22 mars 2023. →

L'entreprise américaine Westinghouse Electric Company a présenté ses projets de développement d'un nouveau petit réacteur modulaire (SMR). Tout comme le réacteur de forte puissance du type AP1000, l'**AP300** possédera une durée de vie de 80 ans.



L'AP300 se distingue par une surface au sol ultracompacte. Cette diminution de l'encombrement permettra de faire baisser les coûts et la durée des travaux de construction.
(Photo: Westinghouse Electric)

Rosenergoatom, filiale exploitante du géant russe Rosatom, s'est vu décerner par l'autorité russe de sûreté nucléaire Rostechnadzor l'autorisation pour la construction d'un **SMR terrestre à lakoutsk**, dans la localité urbaine d'Oust-Kouïga, dans l'est de la Russie. Le petit réacteur modulaire du type RITM-200N est un réacteur refroidi à l'eau.



Aperçu du SMR de lakoutsk que Rosatom entend mettre en service dans l'est de la Russie en 2028. (Photo: Canal Telegram de Rosatom)

L'énergéticien sud-coréen GS Energy veut examiner l'utilisation du SMR du type **VOYGR-6** de NuScale Power afin d'approvisionner en chaleur et en électricité le futur Uljin Nuclear Hydrogen National Industrial Complex.



Illustration du SMR VOYGR de NuScale. Le SMR peut comprendre entre quatre et douze modules de 77 MW. (Photo: NuScale)

Le premier béton de la tranche du type VVER-1200 **EI-Dabaa 3** a été coulé le 3 mai 2023. Le site d'EI-Dabaa se trouve sur le littoral méditerranéen, à environ 300 km au nord-ouest de la capitale égyptienne du Caire.



Des fonctionnaires russes et égyptiens lancent symboliquement les travaux de construction de la tranche nucléaire EI-Dabaa 3.
(Photo: NPPA)

Dans une déclaration commune avec la branche nucléaire, la **Commission européenne** a annoncé qu'elle soutenait la recherche, l'innovation et la formation afin de garantir la sécurité des futurs petits réacteurs modulaires européens (SMR). Selon elle, les SMR représentent une option prometteuse pour remplacer les anciennes centrales à charbon et pour compléter les énergies renouvelables.

Le premier béton de la dalle du bâtiment réacteur de la tranche **Haiyang 4** du type chinois CAP1000 dans la province chinoise du Shandong a été coulé le 22 avril 2023. L'opération a duré 51 heures.



Les travaux de construction de la tranche nucléaire Haiyang 4 ont été lancés officiellement. (Photo: SPIC)

La tranche nucléaire **Belarus 2** en Biélorussie a généré pour la première fois une réaction en chaîne autoentretenu. La mise en service commercial de cette tranche du type VVER-1200 est prévue cette année.



La tranche 2 de la centrale nucléaire Belarus, en Biélorussie, délivrera bientôt de l'électricité. (Photo: Rosatom)

L'entreprise Norsk Kjernekraft AS a conclu un accord avec les communes d'Aure, de Heim et de Narvik, qui doit permettre d'étudier l'utilisation possible de SMR en **Norvège**.

Le 1^{er} avril 2023, la tranche nucléaire avancée **Vogtle 3** a délivré pour la première fois de l'électricité sur le réseau électrique américain – une première aux États-Unis depuis 2016.



La tranche AP1000 Vogtle 3 est désormais connectée au réseau, et Vogtle 4 sera prochainement chargée en combustible. (Photo: Georgia Power)

La tranche du type Hualong One **Fangchenggang 3**, dans la région autonome du Guangxi, dans le sud de la Chine, est désormais en service commercial. →



Une conférence de presse a été organisée le 25 mars 2023 sur le site nucléaire de Fangchenggang, dans le cadre de la mise en service commercial de la tranche 3 de la centrale. (Photo: CGN)

En Finlande, **Olkiluoto 3** a débuté le 1^{er} mai 2023 la production commerciale d'électricité. Olkiluoto 3 est la plus grosse tranche nucléaire en exploitation commerciale en Europe et la première installation EPR mise en service sur le continent.



«Désormais, environ 30% de l'électricité finlandaise sera produite à Olkiluoto», a déclaré TVO en se référant aux trois tranches de la centrale nucléaire Olkiluoto. (Photo: Forum nucléaire suisse)

D'après le Korea Energy Research Institute (KEARI), le premier béton du **Kijang Research Reactor** (KJRR) construit sur le Radiology Science Industrial Complex de Gijang-gun, à Busan, en Corée du Sud, a été coulé. Il produira des radioisotopes médicaux et industriels majeurs.



Des représentantes et représentants des entreprises de construction célèbrent le coulage du premier béton du Kijang Research Reactor (KJRR), en Corée du Sud. (Photo: KAERI)

D'après l'Institute of Plasma Physics der Chinese Academy of Sciences (ASIPP), l'**Experiment Advanced Superconducting Tokamak** (EAST) a maintenu un plasma de fusion à l'état stable durant 403 secondes, battant ainsi le record en date de 2017, de 101 secondes.

L'organisation Nuclear Waste Services (NWS) a publié une stratégie de gestion des déchets à l'horizon 2030 pour la Grande-Bretagne, qui précise la direction, les objectifs et les principales étapes et qui doit garantir que les déchets pourront faire l'objet d'une gestion durable et abordable et, dès que possible, être stockés en toute sécurité et sur le long terme. (M.A./C.B./A.T.)



Représentation d'un possible dépôt en couches géologiques profondes destiné aux déchets hautement radioactifs en Grande-Bretagne. (Photo: Corporate Strategy Report 2023 de la NWS)

Pour une version plus détaillée des articles de cette rubrique et pour des informations sur les autres questions qui font l'actualité de la branche et de la politique nucléaires aux plans national et international, rendez-vous sur www.forumnucleaire.ch.

Point de vue: redéfinir le leadership dans le secteur nucléaire



Callum Thomas

CEO de Thomas Thor Associates

La capacité à attirer, développer, accompagner et retenir les bons cadres dirigeants contribuera à déterminer le destin du secteur nucléaire dans les années à venir, estime Callum Thomas, CEO de Thomas Thor.

Il y a peu de temps encore, le secteur nucléaire était considéré comme «traçant tranquillement son chemin». Les changements actuellement à l'œuvre dans le contexte macroéconomique le placent soudainement sous les projecteurs, avec une meilleure acceptation et des attentes exprimées par une grande diversité d'acteurs. Il y a nouvelle urgence autour des questions de la neutralité carbone, de la transition énergétique, de la sécurité de l'approvisionnement énergétique. Avec l'ouverture pour l'innovation, tous les regards se tournent vers les possibilités offertes par le nucléaire, l'énergie nu-

cléaire notamment. Nous devons profiter de cette évolution, aller chercher les cadres dirigeants qui ne considéraient pas le nucléaire jusqu'ici, les inviter à voir les choses différemment.

Les cadres du secteur nucléaire constituent à l'échelle de la planète des milliers d'équipes qui réalisent des projets, exploitent des installations, développent des technologies révolutionnaires, influencent l'opinion publique et politique, et favorisent l'inclusion et la diversité. En d'autres termes, ils influent sur chaque facteur clé de succès sur la voie de la concrétisation des ambitions du secteur nucléaire et de la réalisation de la neutralité carbone. Nombre d'entre eux – notamment la jeune génération qui rejoint le secteur – sont séduits par le fait d'«avoir un impact». Mais les cadres dirigeants expérimentés sont tout aussi susceptibles de vouloir mettre leur expertise au service du changement.

Chez Thomas Thor, mes collègues et moi-même ainsi que la direction avons passé les 14 dernières années à attirer vers le nucléaire les cadres d'autres secteurs et à aider ceux en place à développer leur carrière. Je livre ici une synthèse de ce que nous avons vu, entendu et ressenti au contact de milliers de cadres dirigeants et d'aspirants dirigeants dans le monde, mais aussi nos réflexions sur les moyens de mettre en valeur notre secteur à travers le leadership. →

Fort d'une expérience de plus de 16 années dans le recrutement de cadres, **Callum Thomas** a travaillé dans nombre de start-ups dans toute l'Europe. Il est actuellement CEO de Thomas Thor Associates, une entreprise de niche dans le domaine du recrutement fondée en 2009, établie en Europe et au Moyen Orient. Il a auparavant occupé diverses fonctions chez SThree. Callum Thomas a fait des études en sciences de la finance à l'Université de Bournemouth (Royaume-Uni).

Il existe de nombreuses définitions du leadership. Celle à laquelle j'adhère le plus est celle donnée par le Harvard Business Review: «Le leadership définit la capacité d'un individu à mener ou conduire d'autres individus ou organisations dans le but d'atteindre certains objectifs. Un leader se distingue d'un manager non pas par le pouvoir et le contrôle, mais par sa capacité à influencer et à inspirer.»

Séduire les cadres dirigeants

Chaque organisation avec laquelle nous travaillons s'efforce d'élargir ses perspectives lorsqu'elle recrute à des fonctions de haute direction, en se tournant vers les secteurs voisins tout en s'assurant que la liste des candidats sélectionnés est suffisamment diversifiée. Malgré cela, on constate que les personnes retenues sont souvent issues de la même communauté et présentent les mêmes caractéristiques que les recruteurs. Or il n'a jamais été aussi urgent de toucher des personnes au-delà des cercles dans lesquels nous évoluons habituellement. Il est en effet essentiel que celles amenées à occuper des fonctions de direction soient recrutées sur la base de compétences clés qui ne sont pas spécifiques au secteur nucléaire.

Les organisations qui souhaitent séduire les meilleurs talents, à la fois ceux issus de leur réseau et d'autres communautés pertinentes, doivent prendre les devants pour définir les compétences clés requises pour chaque fonction. Il est rare que plus de cinq ou six compétences clés soient nécessaires. La première étape pour toucher et séduire un vaste public consiste à rédiger une description de poste qui les articule de manière efficace, en particulier à décrire la notion de succès au moyen de compétences telles que «gestion de la vision et des objectifs», «innovation et créativité», «développement des relations et des réseaux» ou encore «influence et négociation». Le fait de définir des questions en lien avec chaque compétence qui seront posées dans le cadre de chaque entretien favorise les comparaisons objectives et permet de contrer le biais de familiarité. Car si l'expérience dans le secteur, les parties prenantes ou les technologies sont des aspects à prendre en compte, le fait de séparer ces informations des compétences clés contribue à une évaluation plus objective des candidatures. Nous ne saurions attirer les profils souhaités,

dans les quantités et avec les qualités nécessaires, sans cette approche.

Un bon cadre dirigeant réfléchit par ailleurs à l'effet produit par le processus de recrutement: «Que recherche un candidat dans un processus de recrutement de qualité?», «Que dit notre processus de nous en tant qu'organisation, en tant que comité de sélection?», «Notre processus et notre comité de sélection nous reflètent-ils en tant qu'entreprise, reflètent-ils ce que nous voulons être?» Les situations où les cadres dirigeants expérimentés sont personnellement investis dans le processus de recrutement sont facilement identifiables. C'est souvent cela qui fait la différence aux yeux des candidats s'ils doivent choisir entre plusieurs offres attractives.

Préparer les cadres dirigeants à la croissance de demain

Lorsque l'on s'entretient avec des cadres dirigeants et des aspirants dirigeants, il est frappant de voir qu'ils ont généralement acquis leur expérience de direction en dehors de leur fonction principale. Par exemple dans le cadre d'une activité bénévole pour des organisations telles que Women in Nuclear, le Young Generation Network ou une association industrielle, ou de la direction d'initiatives pour des joint-ventures ou des organismes tels que l'Agence internationale de l'énergie atomique, l'Association mondiale des exploitants nucléaires ou l'Institute of Nuclear Power Operations. Bien souvent, ils se sont acquittés de ces missions en plus de la fonction assumée auprès de leur employeur principal. Ces opportunités sont autant d'attraits essentiels, d'incitations à rejoindre le secteur nucléaire ou à y rester. Il est important que les employeurs les mettent en valeur. Nous ne pouvons pas nous appuyer sur des personnes exerçant simultanément deux emplois pour acquérir cette précieuse expérience alors que le secteur est en plein développement.

Pour son rapport Future Workforce (2022), le Next Gen Nuclear Industry Council a demandé à des personnes du secteur à quoi elles accorderaient le plus de valeur dans un environnement de travail futur. La réponse la plus fréquente a été «l'inclusivité». Le leadership inclusif s'attache à créer des relations et un environnement de col-

laboration, d'inclusion et de respect. Les cadres dirigeants inclusifs veillent à ce que chaque personne se sente valorisée, respectée et accompagnée quelle que soit son origine ou son identité. Ils aspirent à créer un environnement psychologiquement sûr et coopératif, et veillent à se développer pour atteindre cet objectif. C'est particulièrement important à l'heure où les organisations industrielles s'efforcent d'accroître la diversité, une mission qui incombe en premier lieu aux cadres dirigeants.

Mentorat

L'environnement de travail collaboratif du secteur nucléaire est souvent cité en exemple. Il figurait d'ailleurs parmi les aspects les plus appréciés des participants à l'enquête du Next Gen Nuclear Industry Council. L'instauration d'une plateforme de mentorat et de mentorat inversé pour le secteur à l'échelle internationale serait l'un des plus beaux cadeaux des cadres dirigeants aux générations futures. Un nombre suffisant de personnes seraient prêtes à endosser le rôle de mentor ou de mentoré, une telle plateforme leur permettant d'établir des relations mutuellement avantageuses en dehors de leurs réseaux immédiats. Outre l'avantage évident d'élargissement de son réseau, une plateforme de ce type contribuerait à la réalisation des objectifs de diversité et d'inclusion du secteur.

Possibilités de développement et visibilité des modèles de fonction

Le leadership peut prendre différentes formes. On pense spontanément à la gestion d'équipes, mais il peut également s'agir de conduite du changement ou de l'innovation, de promotion de l'implication des parties prenantes, de conduite dans un domaine technique, dans la culture organisationnelle, etc. Les possibilités de développement en matière de leadership ne sont actuellement pas très visibles pour les personnes du secteur nucléaire, et

a fortiori pas pour celles en dehors du secteur que nous espérons attirer. Certains employeurs en ont pris conscience et ont investi dans l'optimisation de la visibilité des possibilités de développement, qu'ils abordent dans le cadre de chaque entretien d'embauche. Le candidat reçu sera plus enclin à accepter une offre s'il repart avec une idée claire de ces possibilités.

Les meilleures pages Web dédiées aux possibilités de carrière au sein d'une entreprise présentent les profils des cadres dirigeants de l'organisation. Les employeurs les plus attrayants incitent leurs employés à saisir les opportunités de collaboration intersectorielles et invitent les cadres de différents niveaux de développement à participer à des événements et à parler en leur nom. Le secteur nucléaire est à plus d'un titre un brillant exemple de développement collectif. Nous devons toutefois accélérer un peu ce processus en fournissant des ressources supplémentaires aux organisations volontaires et en optimisant la communication en dehors du secteur.

L'avenir est prometteur

La question est donc de savoir comment passer de l'image d'un secteur qui «trace tranquillement son chemin» à celle d'un secteur «incontestablement innovant» à même d'attirer les meilleurs profils? Si nous devons essentiellement nous appuyer sur des exemples de bonnes pratiques pour attirer, développer, accompagner et retenir nos cadres, il nous faut peut-être aussi à l'avenir nous tenir un peu moins tranquilles. (A.T., point de vue du 17 mars 2023 retranscrit avec l'aimable autorisation de la World Nuclear Association)

Les auteurs invités nous donnent leur avis. Il ne s'agit pas nécessairement de celui du Forum nucléaire suisse.

Que dit l'intelligence artificielle à propos de l'énergie nucléaire?

Le mot «ChatGPT» est sur toutes les lèvres, mais que recouvre donc ce phénomène informatique tout récent? Wikipédia donne la réponse suivante: «ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer) est un prototype d'agent conversationnel utilisant l'intelligence artificielle, développé par OpenAI et spécialisé dans le dialogue. L'agent conversationnel de ChatGPT repose sur le modèle de langage GPT d'OpenAI, et est affiné en continu grâce à l'utilisation de techniques d'apprentissage supervisé et d'apprentissage par renforcement.» En d'autres termes, il s'agit d'un interlocuteur automatisé qui est capable d'apprendre.

Poussés par la curiosité, nous avons voulu savoir ce que cet agent conversationnel (aussi appelé chatbot) pense de l'énergie nucléaire. À la question «L'énergie nucléaire est-elle une bonne chose?», ChatGPT a répondu ce qui suit:

«La question de savoir si l'énergie nucléaire est une bonne chose est complexe et suscite des débats intenses. Il y a des arguments en faveur et contre l'utilisation de l'énergie nucléaire, et différentes perspectives peuvent être adoptées en fonction des avantages et des inconvénients associés.

Avantages de l'énergie nucléaire:

1. Production d'énergie élevée: Les centrales nucléaires ont une capacité de production d'énergie élevée, ce qui peut répondre à une demande importante en électricité dans de nombreux pays.
2. Faibles émissions de carbone: Les centrales nucléaires ne produisent pas de gaz à effet de serre lors de la génération d'électricité, ce qui les distingue des centrales thermiques au charbon et au gaz, contribuant ainsi à la réduction des émissions de CO₂.
3. Fiabilité: Les centrales nucléaires ont une grande fiabilité et peuvent fonctionner en continu pendant une longue période sans interruption majeure, ce qui en fait une source d'énergie stable.

Inconvénients de l'énergie nucléaire:

1. Déchets radioactifs: L'un des principaux inconvénients de l'énergie nucléaire est la production de déchets radioactifs dangereux qui nécessitent une gestion et un stockage à long terme. La sécurité et la sûreté des déchets sont des préoccupations majeures.

2. Risques de catastrophes nucléaires: Bien que les incidents majeurs soient rares, les catastrophes nucléaires comme celle de Tchernobyl en 1986 et de Fukushima en 2011 ont montré que les accidents peuvent entraîner des conséquences graves pour l'environnement et la santé humaine.
3. Coûts élevés et longues durées de construction: La construction de centrales nucléaires est coûteuse et prend souvent beaucoup de temps, ce qui peut entraîner des retards et des dépassements de budget.

Il est important de noter que les opinions sur l'énergie nucléaire varient en fonction des pays, des politiques énergétiques et des préoccupations spécifiques de chaque région. Certains pays ont adopté l'énergie nucléaire comme une partie importante de leur mix énergétique, tandis que d'autres ont choisi de ne pas l'utiliser du tout. Les décisions concernant l'énergie nucléaire doivent être prises en tenant compte des avantages et des inconvénients, ainsi que des considérations de sécurité, de sûreté, de gestion des déchets et des préférences de la société dans son ensemble.»

Même si elle n'est pas extraordinaire, cette réponse a au moins le mérite d'être relativement nuancée. ChatGPT utilise 104 mots pour décrire les avantages de l'atome, et 116 pour en exposer les inconvénients. Il est intéressant de constater que dans la réponse à la même question posée dans la langue de Goethe, les avantages de l'énergie nucléaire sont traités en 55 mots et ses inconvénients en... 112.

La réponse en allemand mentionne néanmoins la nécessité de se fonder sur des données scientifiques pour juger du bien-fondé de l'atome, élément que nous aurions aussi aimé trouver dans la réponse en français. Questionné sur cette omission, ChatGPT réplique: «Je me base sur les connaissances et les informations disponibles jusqu'à ma date de formation en septembre 2021 [...]», et conclut: «Les décisions concernant l'utilisation de l'énergie nucléaire doivent être prises de manière éclairée, en tenant compte des données scientifiques, des considérations économiques, environnementales et sociales, ainsi que des préoccupations de sécurité.» Sur ce point, nous sommes à 100% d'accord avec l'intelligence artificielle. (M.Re./D.B. d'après ChatGPT, mai 2023)

19^e assemblée générale ordinaire du Forum nucléaire suisse

Un bilan annuel positif, notre président réélu, de nouveaux membres au comité et un avis favorable à une ouverture technologique dans le cadre de la Stratégie énergétique 2050 de la part du président de Swissmem, Martin Hirzel: tels ont été les points phares de l'assemblée générale du Forum nucléaire suisse qui s'est déroulée le 16 mai 2023, à Berne.

Le vice-président, Michaël Plaschy, a présidé l'assemblée en lieu et place du président, Hans-Ulrich Bigler, absent. Dans leur rétrospective de l'année 2022, Michaël Plaschy et Lukas Aebi, secrétaire général du Forum nucléaire suisse, sont revenus sur l'importance prise par l'énergie nucléaire dans le débat public en Suisse et en Europe. Le Forum nucléaire suisse a activement contribué à cet état de fait.

Lors de la partie statutaire de l'assemblée, les membres ont approuvé à l'unanimité le procès-verbal de l'assemblée générale de l'année dernière, de même que le rapport annuel et les comptes annuels 2022. Ils ont également donné décharge au comité (décharge des organes de l'association). Hans-Ulrich Bigler, absent de la manifestation, a été réélu à l'unanimité au poste de président de l'association pour les deux prochaines années. Par ailleurs, certains membres ont quitté le comité, et d'autres l'ont rejoint, comme c'est le cas de Roland Schmidiger, Uwe Kasmeyer et (absent) Petros Papadopoulos. Le comité du Forum nucléaire suisse compte désormais 20 membres.

L'art. 13 des statuts prévoit que l'organe de révision soit choisi chaque année. L'entreprise Conz Treuhand fournissant désormais des services de comptabilité pour le compte du Forum nucléaire suisse, elle ne peut, dans un même temps, prendre en charge le mandat de révision. Pour cette raison, le comité a proposé Dr. Balsiger und Partner AG, de Zofingen, comme nouvel organe de révision. La proposition a été approuvée à l'unanimité.

Le président de Swissmem plaide en faveur d'une ouverture technologique

Dans son intervention à l'occasion de l'assemblée générale du Forum nucléaire suisse, organisée à Berne, le président de l'association des industries Swissmem, Martin Hirzel, a souligné les exigences de l'industrie tech en matière d'approvisionnement électrique.

«L'électricité est un facteur de coûts et de concurrence majeur pour nos entreprises», a déclaré Martin Hirzel. Swissmen représente près de 1350 entreprises de l'industrie suisse des machines, des équipements électriques et des métaux. Pour M. Hirzel, la sécurité de l'approvisionnement énergétique revêt une importance majeure. Une enquête réalisée auprès des membres de l'association indique qu'une panne de courant d'une heure entraînerait un arrêt total de la production pour 20% des entreprises. Et dans certains cas, une pénurie d'électricité associée à un éventuel contingentement de l'électricité pourrait même provoquer la fermeture complète de certaines entreprises, et mettre ainsi en péril la bonne réputation de la place industrielle suisse. Cela pourrait alors freiner les investissements en Suisse et, à



Comme chaque année, l'assemblée générale a aussi été l'occasion pour les acteurs de la branche nucléaire d'entretenir leur réseau. (Photo: Forum nucléaire suisse)



Dans son discours, le président de Swissmem, Martin Hirzel, a souligné que les centrales nucléaires suisses seraient indispensables également dans les années à venir pour garantir un approvisionnement électrique sûr, abordable et respectueux du climat.

(Photo: Forum nucléaire suisse)

moyen terme, entraîner des délocalisations et des fermetures.

Les centrales nucléaires suisses ne sont pas étrangères au fait que la pénurie d'électricité tant redoutée l'hiver dernier ne soit finalement pas survenue. «En fournissant la charge de base, par ailleurs neutre pour le climat, les réacteurs suisses nous ont permis de surmonter l'hiver», estime Martin Hirzel. Dans le contexte de la décarbonation avancée et de l'augmentation importante du besoin en électricité associée, et de l'échec d'un accord-cadre avec l'UE, les centrales nucléaires actuelles resteront indispensables au cours des prochaines années. «L'industrie tech suisse se réjouit que nous ne suivions pas la voie de la sortie du nucléaire allemande.»

Le président de Swissmem a formulé des exigences claires concernant la future politique énergétique:

- garantir la sécurité de l'approvisionnement électrique;
- rendre possibles des prix de l'électricité compétitifs;
- offrir une production d'électricité neutre pour le climat.

Pour que ces objectifs puissent être atteints, M. Hirzel mise, notamment, sur l'ouverture à l'ensemble des technologies non fossiles: «La caractéristique «renouvelable» est trop restrictive, il faut la remplacer par le critère «neutre pour le climat»». Cela concerne implicitement l'énergie nucléaire et les innovations qui lui sont associées. Pour Martin Hirzel, l'approvisionnement électrique de demain ne pourra se faire sans les nouvelles technologies. «Et dans ce contexte, l'interdiction de construire des centrales nucléaires en Suisse est hors sujet.» (S.D./M.A./C.B.)

«Nous avons une solution!»

La presqu'île d'Olkiluoto, dans le sud-ouest de la Finlande, abrite la plus grosse turbine au monde, ainsi que le tout premier dépôt en couches géologiques profondes destiné aux assemblages combustibles usés. Une visite sur place a montré que les superlatifs ne manquaient pas pour qualifier les installations, et a permis de mettre en évidence les similitudes et les différences avec la Suisse.

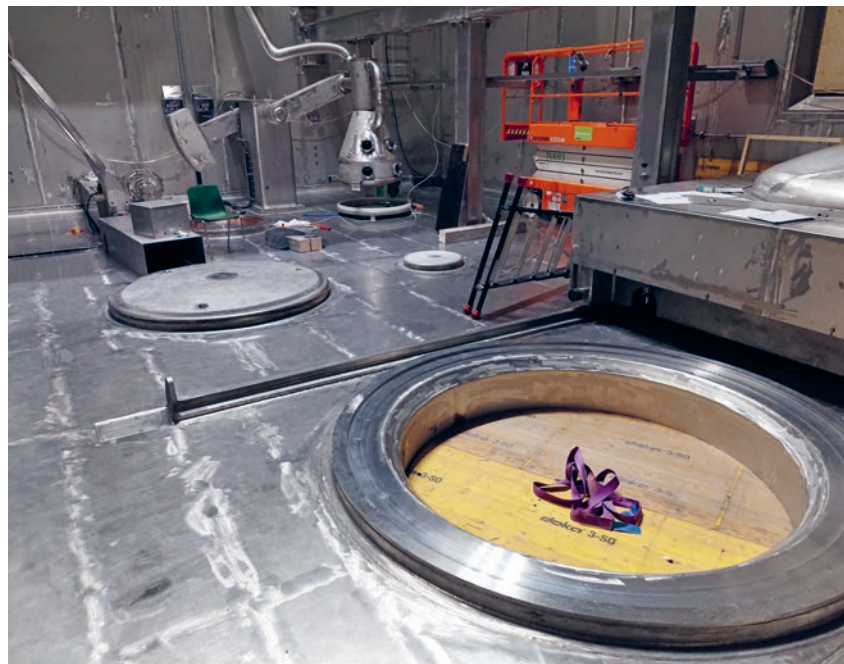
À l'occasion d'un voyage d'information en Finlande, des représentantes et représentants du Forum nucléaire suisse et dix membres des médias ont visité la centrale nucléaire Olkiluoto 3 (OL3) et le dépôt profond d'Onkalo. Au moment de la visite, OL3 faisait partie des centrales nucléaires les plus jeunes et les plus puissantes au monde, et sa turbine est à ce jour la plus grosse en service. Combinée aux deux autres réacteurs présents sur le site, en service respectivement depuis 1978 et 1980, OL3 fournit près de 30% du courant finlandais. L'exploitante Teollisuuden Voima Oyj (TVO) considère la mise en service de l'installation comme «la plus importante mesure de protection du climat prise par la Finlande».



La plus grosse turbine au monde se trouve dans la tranche nucléaire Olkiluoto 3. (Photo: Forum nucléaire suisse)

Tout sur un seul site

Autre caractéristique de ce projet unique: presque l'ensemble du cycle du combustible se trouve sur la presqu'île d'Olkiluoto, comme le précise Pasi Tuohimaa de l'entreprise finlandaise de gestion des déchets



Coup d'œil dans la cellule chaude, où les assemblages combustibles usés sont conditionnés de manière télécommandée. (Photo: Forum nucléaire suisse)

Posiva Oy. En effet, en plus des trois réacteurs, le site abrite un dépôt en piscine pour les assemblages combustibles et un dépôt profond destiné aux déchets faiblement et moyennement radioactifs issus de l'exploitation. Par ailleurs, une partie du terrain est déjà réservée pour le stockage des déchets qui seront produits lors du démantèlement des trois tranches. À environ 2 km des bâtiments réacteurs, une installation d'encapsulation ainsi que le premier dépôt profond au monde destiné au combustible usé sont sur le point d'être mis en service.

Similitudes et différences

«Si vous ne deviez retenir qu'une seule chose de votre visite, j'espère que ce serait la suivante: «Nous avons une



La première galerie de stockage du dépôt profond d'Onkalo a été creusée dans la roche cristalline. (Photo: Forum nucléaire suisse)

solution!», a déclaré Pasi Tuohimaa lors d'une discussion avec le groupe à propos du dépôt profond d'Onkalo. Posiva est ainsi une composante du cycle de vie de l'énergie nucléaire, durable, et elle joue à ce titre un rôle majeur dans la protection du climat. L'entreprise a été fondée en 1995. Tout comme la Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs (la Nagra) en Suisse, Posiva est chargée de la gestion du combustible usé sur mandat de ses sociétés propriétaires, les exploitantes des centrales nucléaires finlandaises. Et pour se faire, l'entreprise poursuit une approche globalement similaire à celle de la Nagra: mettre en service un dépôt en couches géologiques profondes composé de plusieurs barrières de sécurité (conteneurs, galeries, roche).

Afin d'atteindre cet objectif, en 2004, Posiva a lancé le projet «Onkalo» (signifie «grotte» en finnois). À la diffé-

rence de la Suisse, qui a choisi de confiner ses déchets dans de l'argile à Opalinus, la roche d'accueil à Onkalo est une roche cristalline. Entre-temps, les travaux d'excavation et de construction des ouvrages souterrains ont atteint le niveau du futur dépôt, à 400 m de profondeur. Un tunnel d'accès – une rampe – en forme de spirale et quatre puits verticaux permettent d'accéder au sous-sol. Un de ces puits hébergera l'ascenseur qui transportera les conteneurs destinés aux assemblages combustibles, un autre un ascenseur pour le personnel, et les deux autres seront destinés à l'aération de l'installation. Les lieux souterrains dans lesquels seront réceptionnés les conteneurs, puis entreposés avant leur stockage final, ont également déjà été creusés. Tout cela s'est déroulé de manière télécommandée, comme ont pu le constater les personnes ayant participé à la visite. Plusieurs galeries de démonstration et la première galerie de stockage sont déjà prêtes également.

50 km de galeries pour accueillir 6500 tonnes d'uranium

En 2019, Posiva a lancé la construction de l'installation d'encapsulation qui se trouve directement au-dessus du dépôt profond, et à côté de la centrale. C'est là que seront placés par la suite les assemblages combustibles usés, après avoir été retirés de la piscine de refroidissement du dépôt intermédiaire. À l'intérieur de l'installation d'encapsulation, les assemblages combustibles seront retirés des conteneurs de transport – également de manière télécommandée –, ils seront séchés puis placés dans des conteneurs en cuivre destinés au stockage final. La mise en service du dépôt profond et de l'installation d'encapsulation est prévue pour le milieu des années 2020. Un siècle plus tard, le dépôt d'Onkalo devrait contenir 6500 tonnes d'uranium stockées dans 3250 conteneurs. La longueur totale des galeries devrait passer de 10 km actuellement à 50 km. La visite de l'installation et celle du sous-sol laissent penser que dans quelques années, la gestion des déchets radioactifs sera une réalité à Onkalo. (M.Re./C.B. d'après des informations de TVO et de Posiva obtenues lors d'une visite sur place le 23 mai 2023)

Le partenariat européen sur les SMR

En juin 2021, la Commission européenne a organisé un premier atelier destiné à soutenir les petits réacteurs modulaires (Small Modular Reactors – SMR) conçus spécifiquement pour le marché européen.

Le premier atelier destiné aux SMR a donné naissance à une initiative d'encouragement placée sous l'égide de la Commission européenne et à laquelle participent conjointement l'industrie nucléaire, des autorités de surveillance et des instituts de recherche. On parle dans ce contexte d'un «partenariat». Le but fondamental est de répertorier les risques et les obstacles au développement d'une conception de SMR propre à notre continent, qui soit en mesure de concurrencer à long terme les modèles extra-européens. Il s'agit donc d'unir forces et compétences dans le domaine nucléaire. Plus précisément, le partenariat européen sur les SMR vise à atteindre les objectifs suivants:

- mise en place d'une chaîne d'approvisionnement en Europe pour la technologie SMR
- création d'une procédure d'homologation uniforme
- élaboration d'un agenda stratégique de recherche et développement
- développement de modèles de financement aisément accessibles pour les capitaux publics et privés.

La création d'une procédure d'homologation uniforme devrait notamment permettre de réduire les coûts. Les synergies dans le domaine de la coordination de la recherche devraient également avoir un effet de réduction des coûts et d'accélération. Bien que cela n'ait pas été dit explicitement, les initiatives américaines (voir plus bas) ont joué un rôle déterminant dans ce passage à l'action de la Commission. En effet, plusieurs pays de l'Est membres de l'UE participent déjà activement aux projets états-uniens de soutien aux SMR. Il est donc fort probable que l'initiative de la Commission ait notamment pour objectif d'empêcher l'émergence de nouvelles dépendances, par exemple dans les chaînes d'approvisionnement.

Nucleareurope (la fédération européenne de l'industrie nucléaire) est très fortement investie dans cette initiative des parties prenantes. Elle a déjà créé en son sein toute une série de groupes de travail (workstreams)

chargés d'élaborer les propositions à transmettre à la Commission pour atteindre les objectifs fixés (voir plus haut). Le Forum nucléaire participe activement à ces travaux par l'intermédiaire de son secrétariat et de son comité. Il s'agit en particulier d'élaborer des propositions de modèles de financement pour la technologie SMR. La Communauté européenne prévoit dans ses traités de nombreuses possibilités de faire avancer le développement technologique, notamment dans le cadre de coopérations. Une possibilité serait de créer une alliance industrielle (European Industrial Alliance) telle qu'il en existe déjà dans des domaines comme le photovoltaïque ou le développement des batteries. De telles alliances industrielles ne reçoivent pas de subventions de l'UE, mais peuvent élaborer des propositions de réglementation ou lancer des initiatives de financement pour des projets d'importance stratégique. La création d'une alliance industrielle dans le domaine de la technologie SMR simplifierait considérablement, à moyen terme, la coordination entre les États membres intéressés en Europe. Ces alliances industrielles sont également ouvertes à des pays tiers comme la Suisse. Cette dernière aurait la possibilité d'apporter l'excellente infrastructure de recherche de l'Institut Paul-Scherrer (PSI) et de profiter en contrepartie de manière privilégiée du développement technologique dans le domaine SMR. Comme solution de rechange, il serait également possible d'envisager des aides dans le cadre du traité Euratom ou du programme-cadre de l'UE pour la recherche et l'innovation (Horizon Europe). Du point de vue helvétique, ces dernières ne sont toutefois pas à privilégier, puisque la Suisse – il n'est guère besoin de le rappeler – a été exclue d'Horizon Europe. Par ailleurs, les subventions du traité Euratom ne sont pas particulièrement généreuses, ce qui réduirait l'attrait d'une participation pour certains pays.

Le prochain objectif du partenariat est la publication d'une feuille de route sur les points évoqués ci-dessus. Celle-ci est attendue pour l'été 2023. Il appartiendra en-

suite à la Commission européenne de faire progresser le partenariat SMR européen dans l'une des directions décrites plus haut. Relevons que la Commission européenne est déjà en train d'anticiper sur certains objectifs spécifiques du partenariat. Ainsi, la commissaire à la recherche Mariya Gabriel a signé en avril 2023, avec des associations industrielles, une déclaration visant à soutenir les activités de recherche, d'innovation, d'éducation et de formation en lien avec la sûreté des SMR européens.

Pour comprendre un peu mieux pourquoi les institutions européennes sont si actives dans le domaine du SMR, nous décrivons brièvement ci-après les initiatives de soutien états-uniennes et canadiennes. Celles-ci sont déjà beaucoup plus avancées qu'en Europe et montrent bien la voie que pourrait suivre l'encouragement de la technologie SMR sur notre continent.

Initiatives états-uniennes

Le Département américain de l'énergie (DOE) a lancé de nombreuses initiatives pour promouvoir les technologies SMR nationales. Il s'agit notamment du programme Advanced Reactor Demonstration (ARDP) et du programme Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear (GAIN). Le programme ARDP est axé sur les partenariats avec l'industrie (dits partenariats public-privé) et attribue des fonds soit à des objets de démonstration qui seront pleinement opérationnels dans les sept ans, soit à des concepts ayant le potentiel d'être opérationnels d'ici le milieu des années 2030. Le programme GAIN met l'accent sur un accès économique à des infrastructures de recherche en constante expansion. Quant au programme FIRST (Foundational Infrastructure for responsible Use of Small Modular Reactor Technology), qui a été lancé en avril 2021 en complément des deux initiatives précitées, il est explicitement axé sur la coopéra-

tion internationale. Les pays qui souhaitent miser sur les petits réacteurs modulaires pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre sont généreusement soutenus dans les domaines de la technologie et de la formation. L'objectif est d'aider la technologie SMR à percer partout dans le monde et d'offrir des opportunités d'exportation à l'économie états-uniennne. Des partenariats ont déjà été conclus avec l'Estonie, le Ghana, l'Indonésie et la Roumanie.

Canada: programme Enabling Modular Reactors

Pour lutter contre le changement climatique et créer des emplois durables, le ministère Ressources naturelles Canada a présenté à la fin février 2023 un nouveau programme de soutien à la technologie SMR, qui met à disposition une enveloppe de 29,6 millions de dollars canadiens (environ CHF 20 mio) pour les quatre prochaines années. L'objectif est de créer des chaînes d'approvisionnement pour la fabrication de SMR et leur approvisionnement en combustible, ainsi que de financer des projets de recherche sur la gestion sûre des déchets radioactifs issus des SMR. Les subventions versées ne doivent pas être remboursées, mais le programme ne prend en charge que 75% au plus du coût total des projets, la part restante devant être couverte d'une autre manière, par exemple au travers de partenariats avec l'industrie. En 2018 déjà, Ressources naturelles Canada avait lancé une initiative des parties prenantes dans le cadre de laquelle les provinces intéressées, les entreprises d'approvisionnement en énergie, les autorités de surveillance et d'autres acteurs ont présenté ensemble le potentiel de la technologie SMR au Canada ainsi qu'une feuille de route. Sur cette base, le gouvernement canadien a lancé en décembre 2020 son plan d'action SMR en coopération avec de nombreux partenaires afin de transformer la feuille de route en réalité. (L.A./D.B. d'après différentes sources)

Concours national Science et jeunesse: prix spécial du Forum nucléaire suisse

Lors de la finale du Concours national Science et Jeunesse, le jeu de simulation «ElectriCity» du gymnasien Luc Roth a reçu le prix spécial «Énergie» sponsorisé pour la première fois par le Forum nucléaire suisse.



Luc Roth a développé un jeu de simulation qui compare les caractéristiques techniques, économiques et écologiques de différents types de centrales électriques par rapport à un besoin énergétique donné. Le jeu est à la disposition de tous et peut être testé et développé selon l'intérêt de chacun. (Photo: Science et Jeunesse)

Depuis plus de cinquante ans, la fondation Science et jeunesse s'emploie à encourager la relève scientifique suisse. Les prix et les distinctions décernés lors du concours national qu'elle organise chaque année à la fin avril ont lancé bon nombre de carrières de professeurs des écoles polytechniques fédérales et de pionniers de l'industrie. Le Forum nucléaire a toujours accordé une grande importance à l'encouragement de la relève. Nous manquons en effet de personnel qualifié dans les domaines des sciences naturelles et de la technique. Dans les années à venir, l'ensemble du secteur de l'énergie continuera à avoir besoin de personnes bien formées. Encourager les jeunes talents et reconnaître leurs accomplissements est donc essentiel. C'est un investissement dans l'avenir.

C'est pourquoi le Forum nucléaire a décidé de décerner un prix spécial pour les travaux dans le domaine de l'énergie réalisés lors du concours national de la Fondation Science et jeunesse. Le premier lauréat a été désigné par un jury d'experts, au terme d'une procédure extrêmement compétitive, lors du concours 2023 qui s'est tenu fin avril à Saint-Gall. Luc Roth, gymnasien de Herdern dans le canton de Thurgovie, a développé, dans le cadre de son travail de maturité, un jeu de simulation qui compare différents types de centrales électriques préalablement analysés en termes de respect de l'environnement, de sécurité d'approvisionnement et de rentabilité. Très justement nommé «ElectriCity», le jeu est programmé de manière à pouvoir simuler différents aspects du marché de l'électricité. Le joueur doit assurer l'approvisionnement en électricité d'une ville avec le meilleur rapport coûts-efficacité possible. Dans son travail, Luc Roth arrive à la conclusion que les centrales nucléaires sont la meilleure option pour l'Europe du point de vue économique et qu'il faut donc considérer comme une erreur de les arrêter.

Le jury d'experts a attribué la mention «très bien» à Luc Roth, que nous tenons à féliciter chaleureusement pour son travail, tout en lui souhaitant plein succès pour les études en génie mécanique qu'il entamera cet automne à l'EPFZ. (L.A./D.B.)



Vidéo de présentation du projet sur YouTube
(en allemand): ElectriCity – Ein Spiel zur
Simulation der Energieproblematik

3^e Rencontre du Forum

La prochaine Rencontre du Forum aura lieu le 24 août au Centre de la culture et des congrès d'Aarau et sera consacrée au thème «L'importance de l'énergie nucléaire pour le canton d'Argovie».

Cours d'approfondissement du Forum nucléaire suisse

«Identifier – exploiter – développer les synergies dans le domaine de la technique nucléaire»

Mercredi 8 novembre au Trafo de Baden



Photo: Forum nucléaire suisse

Nouvel épisode du podcast «NucTalk»

Dans le dernier épisode de notre podcast «NucTalk», nous nous sommes entretenus avec Natalia Amosova, membre du comité, sur l'état actuel de la thématique des petits réacteurs modulaires (SMR). Elle nous présente les potentiels offerts par les SMR ainsi que leurs avantages, et nous livre son point de vue concernant les types de SMR qui seront construits en premier et dans quels pays, ainsi que les conditions-cadres nécessaires.

www.nuklearforum.ch/de/podcasts

Le Forum nucléaire et sa «Fanpage»

Retrouvez des informations sur le nucléaire, des faits et chiffres mais aussi des contenus insolites sur notre nouvelle page Facebook. Que vous soyez simplement fan ou abonné, nous vous attendons pour dialoguer! (Uniquement en allemand)

www.facebook.com/NuklearforumSchweiz



Photo: Forum nucléaire suisse

15^e séminaire de base de la SOSIN

La Société suisse des ingénieurs nucléaires (SOSIN) prévoit d'organiser du 2 au 5 octobre à Macolin son séminaire de base sur l'énergie nucléaire. Il comportera plusieurs modules (physique, politique et environnement, histoire, énergie, combustible, sûreté, radioactivité et accidents) ainsi qu'une visite de la centrale nucléaire de Gösgen.

www.kernfachleute.ch



Photo: SOSIN

Impressum

Rédaction:

Marie-France Aepli (M.A., rédactrice en chef); Lukas Aebi (L.A.);
Stefan Diepenbrock (S.D.); Aileen von den Driesch (A.D.);
Benedikt Galliker (B.G.); Matthias Rey (M.Re.)

Traduction:

Claire Baechel (C.B.); Dominique Berthet (D.B.);
Aude Thalmann (A.T.)

Éditeurs:

Hans-Ulrich Bigler, président
Lukas Aebi, secrétaire général

Forum nucléaire suisse
Frohburgstrasse 20, 4600 Olten

Tél. +41 31 560 36 50
info@nuklearforum.ch
www.forumnucleaire.ch ou www.ebulletin.ch

Le «Bulletin Forum nucléaire suisse» est l'organe officiel du Forum nucléaire suisse et de la Société suisse des ingénieurs nucléaires (SOSIN). Il paraît 4 fois par an.

Copyright 2023 by Forum nucléaire suisse ISSN 1661-1470 –
Titre clé: Bulletin (Forum nucléaire suisse) – Titre abrégé
selon la norme ISO 4) – Bulletin (Forum nucléaire suisse).

La reproduction des articles est libre sous réserve
d'indication de la source. Prière d'envoyer un justificatif.

