

# Bulletin 3

Septembre 2021

## Gros plan sur les SMR

Pages 4, 8 et 10



Climat et énergie  
nucléaire  
**Page 12**

Notre équipe est à  
la recherche de renfort!  
**Page 22**

La technologie nucléaire  
n'est pas figée  
**Page 31**

# Table des matières

<b>Éditorial</b>	<b>3</b>	<b>Revue de presse</b>	<b>23</b>
L'Allemagne va nous couper le courant	3	L'UDC est-elle déterminée à faire annuler l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires?	23
<b>Forum</b>	<b>4</b>	<b>Reflets de l'E-Bulletin</b>	<b>26</b>
Participation suisse à la task force SMR de Foratom	4	Suisse	26
<b>Informations de fond</b>	<b>8</b>	À l'étranger	27
Un regard sur l'état actuel de développement des SMR	8	<b>La der nucléaire</b>	<b>31</b>
La Canada fait le pari des SMR	10	La deuxième ère nucléaire	31
«Le nucléaire est incontournable pour surmonter la crise climatique»	12	<b>Couac!</b>	<b>35</b>
La République tchèque continue à miser sur le nucléaire	14	Mais qui est-ce qui rêve ici?	35
«A bright future» ou ce que la Suède fait mieux que l'Allemagne en matière de politique énergétique	20	<b>Pour mémoire</b>	<b>36</b>
<b>Offre d'emploi</b>	<b>22</b>		

## Impressum

### Rédaction:

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

### Traduction:

Claire Baechel (C.B.); Dominique Berthet (D.B.)

### Éditeurs:

Hans-Ulrich Bigler, président  
Lukas Aebi, secrétaire général  
Forum nucléaire suisse  
Frohburgstrasse 20, 4600 Olten  
Tél. +41 31 560 36 50  
info@forumnucleaire.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 2021 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.

Photo du titre: Représentation du réacteur modulaire à eau légère développé par NuScale.

## Matthias Horvath

Membre du Comité du Forum nucléaire suisse et président de la Société suisse des ingénieurs nucléaires (SOSIN)



## L'Allemagne va nous couper le courant

Non, ce n'est pas une citation de Thilo Sarrazin, le politicien allemand «excommunié» du SPD, qui subit régulièrement l'opprobre pour de tels titres. J'admets d'ailleurs volontiers que ce titre est un peu osé. Sur le fond néanmoins, il n'est pas faux du tout, puisque l'Allemagne entend bel et bien arrêter ses dernières centrales nucléaires encore en service à la fin de cette année et de l'année prochaine. Aujourd'hui, les six tranches nucléaires en question produisent plus de 60 TWh (térawattheures) d'électricité par an. Cela correspond grosso modo à la consommation de la Suisse (près de 62 TWh en 2019 et près de 60 TWh en 2020).

Dans le monde des médias, la devise «Bad news is good news!» règne en maître. Pour qu'un titre fasse mouche, il ne suffit pas qu'il soit un peu osé, il doit être franchement alarmiste! Mais que le mien retienne ou non l'attention, la question de fond est de savoir si l'Allemagne peut vraiment se permettre de renoncer à 60 TWh, soit à plus de 11% de sa production d'électricité.

Les statistiques allemandes de production d'électricité pour cet été, disponibles par exemple sur le site Agora-Energiewende, montrent d'une part que les énergies renouvelables sont disponibles en abondance, et d'autre part qu'au cours des dernières semaines, l'Allemagne a surtout été importatrice d'électricité, et non exportatrice. Si l'Allemagne est contrainte d'importer de l'électricité en été déjà, qu'en sera-t-il en hiver? Et avec quelles répercussions pour la Suisse?

2021 est une année électorale importante en Allemagne et l'un des partis qui a de bonnes chances de faire partie du futur gouvernement est déterminé à arrêter l'ensemble des centrales au charbon d'ici la fin de la décennie tout en initiant le virage des transports. Cet été, le gouvernement actuel a, par ailleurs, dû reconnaître la nécessité de corriger à la hausse les prévisions relatives aux besoins futurs d'électricité, car l'électromobilité, les pompes à chaleur et l'hydrogène

nécessaire à l'industrie et au stockage pousseront la consommation à la hausse.

On aurait tort de penser que tout cela se passe trop loin de chez nous pour nous inquiéter. Car, qu'il y ait ou non un accord sur l'électricité avec l'UE, si la lumière s'éteint en Allemagne, elle s'éteindra aussi chez nous, tant le réseau d'électricité européen est étroitement interconnecté.

Dans ces conditions, il est quelque peu surprenant que l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) parte du principe que nous pourrions importer de l'électricité des pays voisins, en complément aux énergies renouvelables, pour amortir la sortie du nucléaire prévue par la Stratégie énergétique 2050. Car qui dit pays voisins, dit aussi Allemagne, et la Suisse serait bien inspirée de se demander si son grand voisin pourra effectivement lui fournir l'électricité dont elle a besoin, ou s'il va lui couper le courant.



## John Kickhofel

Représentant suisse au sein de la task force  
Technologies SMR de Foratom  
Associé gérant et fondateur d'Apollo+



Interview menée par le Forum nucléaire suisse

## Participation suisse à la task force SMR de Foratom

Foratom, l'organisation faitière des forums nucléaires européens, a institué une task force sur les petits réacteurs modulaires (SMR). John Kickhofel, de la société Apollo+, y représente le Forum nucléaire et la Suisse. Il explique ici ce que sont les SMR et quel est le potentiel de cette technologie.

### Quelles sont les caractéristiques des SMR? Et quels sont leurs principaux avantages?

Les SMR ressemblent à bien des égards aux grands réacteurs de génération II, III et III+ que nous connaissons. Ils exploitent le processus de la fission et une réaction en chaîne contrôlée afin de générer de la chaleur pour la production d'électricité. Le terme générique de «petit réacteur modulaire» (en anglais: *Small Modular Reactor, SMR*) recouvre un vaste éventail de technologies, allant d'un unique réacteur terrestre refroidi à l'eau légère à une pluralité de réacteurs à sel fondus embarqués sur un navire, et englobant tout ce qu'il y a entre ces deux pôles. Selon la définition de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, les principales caractéristiques des SMR sont les suivantes: architecture intégrée, sûreté intrinsèque, inventaire du cœur réduit, fabricabilité améliorée et flexibilité accrue. Les aspects conception, fabrication et chaîne d'approvisionnement méritent d'être soulignés. De nombreuses conceptions de SMR cherchent à tirer parti de techniques de fabrication avancées afin de réduire les temps de production, de faciliter le transport et de simplifier le processus de construction. De manière générale, l'objectif est de parvenir à une fabrication en série, afin notamment de pouvoir appliquer les principes du lean management et des méthodes d'assurance-qualité optimisées. En combinaison avec des économies d'échelle, différents facteurs économiques basés sur ces techniques permettent d'obtenir des coûts de production très intéressants.

### Et quels sont leurs inconvénients potentiels?

Le principal inconvénient que je vois à ce stade est la nouveauté de la technologie. Tout projet inédit est un défi qui implique généralement des délais plus longs et des investissements plus importants que les projets ultérieurs. Les SMR devront prouver qu'ils sont fiables et économiques. Les gouvernements et leurs autorités de surveillance devront être capables de réglementer

De nationalités suisse et américaine, **John Kickhofel** est un spécialiste de l'industrie nucléaire. Il est titulaire d'un doctorat décerné par le laboratoire des systèmes d'énergie nucléaire de l'École polytechnique fédérale de Zurich et d'un diplôme d'université en droit nucléaire international décerné par l'Université de Montpellier. M. Kickhofel est associé gérant et fondateur d'Apollo+, une société zurichoise de conseil pour l'industrie nucléaire, qui se compose d'experts issus d'autorités de surveillance, de centrales nucléaires et d'organisations de soutien. À côté des mandats confiés par des exploitants et des constructeurs d'installations, il conseille également l'AIEA dans les domaines du droit nucléaire, de la réglementation et des standards applicables aux centrales nucléaires et aux petits réacteurs modulaires.

de manière adéquate la conception, la construction, la mise en service, l'exploitation et la désaffectation des SMR.

### **De manière générale, quel est le stade de développement des technologies SMR?**

Parmi les nombreux concepts en cours de développement ou en exploitation, ce sont les SMR à eau légère de type intégral qui sont les plus matures. Quelques-uns de ces réacteurs ont déjà été mis en service ou connectés au réseau, d'autres sont en construction. Un grand nombre de ces SMR à eau légère devraient être achevés avant 2030. L'édition 2020 du rapport de l'AIEA intitulé «Advances in Small Modular Reactor Technology Developments» [cf. article suivant] décrit 25 technologies de SMR terrestres à eau légère et de nombreuses autres technologies basées sur les neutrons rapides, les sels fondus, la haute température avec refroidissement au gaz, ainsi que d'autres concepts. On peut dire que le domaine de développement des SMR est extrêmement dynamique, porté par une force innovatrice alliant les dernières technologies aux concepts économiques modernes. Selon le type de SMR considéré, le niveau de développement est variable, cela va des réacteurs «papier» au stade de l'étude de faisabilité jusqu'aux réacteurs en service.

### **Quels pays sont les principaux moteurs de cette évolution?**

On développe des SMR partout dans le monde. D'une part, nous avons des vendeurs traditionnels de réacteurs tels que Westinghouse (États-Unis), GE-Hitachi (États-Unis), Rosatom (Russie) ou CNNC (Chine), de même que des nations nucléaires établies comme la France, le Canada et la Corée du Sud. D'autre part, des organisations basées dans des pays comme l'Argentine ou la République tchèque s'emploient à promouvoir des concepts de SMR. Il existe aussi des développeurs de SMR dans des pays sans programme nucléaire (p. ex. Seaborg Technologies au Danemark et Hydromine Nuclear Energy au Luxembourg).

### **Dans quels pays d'Europe le développement de la technologie SMR ou la planification de projets SMR sont-ils les plus avancés?**

Dans de nombreux pays européens, les acteurs concernés progressent rapidement vers le déploiement de SMR. Cela va de Rolls-Royce, qui développe au Royaume-Uni un réacteur à eau sous pression à trois boucles, jusqu'à Fermi Energia, qui étudie la possibilité de déployer des SMR en Estonie en collaboration avec des partenaires nordiques comme Vattenfall. Un vaste réseau d'universités, de centres de recherche, d'inves-

tisseurs et de fournisseurs est impliqué dans les projets de SMR; de tels efforts sont toujours multinationaux.

### **Quel est le cadre technique, économique, réglementaire et politique requis pour encourager le développement et l'utilisation de SMR en Europe?**

C'est une grande question! Ces éléments sont souvent étroitement liés. Je peux peut-être dire quelques mots sur chacun d'entre eux. De toute évidence, le défi technologique est plus ou moins grand selon que le concept de SMR s'écarte ou non de ce que nous connaissons aujourd'hui avec précision, à savoir les réacteurs à eau légère et à eau lourde des générations II, III et III+. Quelle que soit l'importance du défi, le développement de SMR ne pourra se faire sans une main-d'œuvre aussi talentueuse que nombreuse dans les universités et les centres de recherche ainsi que chez les vendeurs et les fournisseurs. Deuxièmement, les vendeurs devront réussir à convaincre les investisseurs et les gouvernements que la technologie est économique et qu'il existe une voie clairement balisée menant au déploiement en série et à des prix abordables. Troisièmement, les organismes nationaux de réglementation doivent disposer de l'expertise et du personnel nécessaires à l'accomplissement de leur mission dans le contexte de ces nouvelles technologies. Il leur faudra donc mettre au point de nouvelles procédures d'autorisation et comprendre comment les différentes technologies de SMR que les services publics et les entreprises privées envisagent de déployer peuvent impacter la réglementation en vigueur. Enfin, l'exploitation de l'énergie nucléaire aux fins de la production d'électricité dépend de la stabilité politique. L'un des huit principes fondamentaux de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) en matière d'énergie nucléaire est l'engagement à long terme. Ainsi, une politique gouvernementale stable en matière d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire est l'un des principaux préalables à l'utilisation de SMR.

### **Pensez-vous que les SMR aient un avenir en Europe?**

Absolument. Il semble que plusieurs pays d'Europe vont déployer des SMR au cours des 10 à 20 prochaines années. Cette technologie semble donc promise à un bel avenir sur notre continent, car les SMR, à l'instar des grands réacteurs actuels, sont conçus pour fonctionner durant de nombreuses décennies.

### **... et dans le reste du monde?**

Oui, dans le reste du monde également. Je crois que grâce aux technologies du SMR et du microréacteur,

nous verrons apparaître une production d'énergie propre et durable dans de nombreux pays, tout particulièrement dans ceux dont l'infrastructure de réseau est limitée, et dans les régions reculées dont la consommation d'électricité est de l'ordre du mégawatt plutôt que du gigawatt.

### **Les SMR ont-ils le potentiel de remplacer le parc actuel de grands réacteurs?**

En théorie, les SMR pourraient remplacer les parcs de grands réacteurs existants, en particulier dans les pays où ces parcs sont de petite taille, c'est-à-dire constitués de quelques centrales nucléaires seulement. En effet, certains concepts de SMR, comme le BWRX-300 de GE Hitachi, ont presque la même puissance que la centrale nucléaire de Mühleberg. Cependant, ce n'est pas là la vision de l'industrie en général. Les pays qui disposent de grands parcs de réacteurs les conserveront et, dans certains cas, mettront en service de nouveaux grands réacteurs tout en construisant des SMR pour des besoins spécifiques de production d'électricité – c'est ce que nous observons aujourd'hui dans des pays comme la Chine, le Canada [voir p. 10], les États-Unis et ailleurs.

### **Foratom a mis sur pied une task force dédiée à la technologie SMR. Quels en sont les objectifs?**

Le principal objectif de la task force SMR de Foratom est d'élaborer un document de synthèse comportant des recommandations politiques sur le thème des SMR. Ce document sera envoyé, entre autres, aux décideurs politiques de Bruxelles. Les task forces de Foratom sont généralement mises en place pour réaliser un ensemble de tâches bien défini en un temps limité. Toutefois, il n'est pas exclu que les attributions de la task force SMR soient étendues après la publication du document de synthèse afin d'explorer en détail certaines questions concernant la technologie SMR.

### **Les activités de la task force s'adressent-elles à la Commission européenne, par exemple dans le cadre du débat sur le financement durable qui se déroule au sein de l'UE?**

Oui, les activités de la task force SMR et d'autres task forces de Foratom ciblent de nombreux groupes d'intérêt européens, dont la Commission européenne. L'intégration de l'ensemble de l'énergie nucléaire dans la taxonomie de l'UE dépend de la question de savoir si cette énergie remplit le critère DNSH (Do No Significant Harm, ne pas causer de préjudice significatif), ce que les experts mandatés par la Commission estiment être le cas sur la base de leur évaluation. Par conséquent, si la Commission suit l'avis de ses ex-

perts, toutes les technologies nucléaires, y compris le SMR, devraient être considérées comme conformes à la taxonomie.

### **Qui sont les membres de la task force et comment sont-ils choisis?**

Les personnes qui participent à la task force SMR sont désignées par les membres de Foratom, par exemple par le Forum nucléaire. Tous les membres de Foratom ont été invités à désigner des participants. J'ai été désigné par le Forum nucléaire parce qu'Apollo+ est impliqué dans certains aspects des activités liées aux réacteurs SMR, à savoir l'homologation, le respect des exigences réglementaires nationales, la fabrication, la réception et l'assurance qualité. Les membres de Foratom sont très largement représentés dans la task force, ce qui montre le grand intérêt que suscite le sujet.

### **Quel est votre rôle en tant que représentant de la Suisse au sein de la task force?**

Tout comme ses membres désignés par d'autres pays, je suis chargé d'apporter mon concours à son programme de travail, en l'occurrence au nom du Forum nucléaire. Il s'agit notamment d'explorer des questions telles que l'intégration au marché, les aspects économiques et réglementaires ainsi que l'homologation. La task force comporte des sous-groupes qui se concentrent sur des thèmes spécifiques et qui en informent régulièrement l'ensemble des membres. Bien que Foratom joue un rôle important dans la direction des travaux et fournisse les ressources nécessaires, ce sont les membres de la task force qui ont le dernier mot sur les résultats.

### **Les entreprises et établissements de recherche suisses contribuent-ils au développement de la technologie SMR?**

Oui! Grâce à la recherche théorique et expérimentale de niveau mondial menée aux EPF de Lausanne et Zurich ainsi qu'au PSI, la Suisse joue un rôle important dans tous les aspects du cycle du combustible nucléaire, y compris ceux liés au SMR. En Suisse, il y a même des entreprises privées qui participent au développement de SMR, voire qui élaborent leurs propres concepts de réacteurs. En outre, la formation d'ingénieurs nucléaires au niveau du master et du doctorat revêt une valeur inestimable pour le progrès dans le domaine nucléaire. Certains des étudiants formés en Suisse travaillent aujourd'hui pour des fournisseurs de SMR.

**Dans un livre blanc récemment publié, un groupe de jeunes experts suisses du nucléaire propose, entre autres, le SMR comme solution possible aux problèmes du changement climatique et de la sécurité d'approvisionnement. Que pensez-vous de cette proposition?**

Je pense que le nucléaire est un élément important de tout mix énergétique visant une faible empreinte environnementale et une production d'électricité fiable. Je suis d'accord avec l'idée selon laquelle l'utilisation de

petits réacteurs modulaires devrait être étudiée plus en détail et les développements dans ce domaine suivis de près par les compagnies d'électricité suisses, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) et l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). L'utilisation de SMR pourrait contribuer de manière significative à la souveraineté de la Suisse en matière d'approvisionnement de base et au développement d'énergies renouvelables. (M.Re./D.B.)



**COURS DE FORMATION CONTINU DU FORUM NUCLÉAIRE SUISSE**

**L'HUMAIN EN TANT QUE FACTEUR DE SÉCURITÉ – INTERACTION ENTRE L'HOMME, LA TECHNOLOGIE ET L'ORGANISATION**

Judi 2 décembre 2021, au Trafo de Baden  
Vendredi 3 décembre 2021, journée de pratique facultative au centre HRO d'Aarau

Ce cours dispensé en allemand porte sur la diffusion de connaissances pratiques comme résultat de l'interaction entre l'homme, la technique et l'organisation. D'une part, il fournira un bref aperçu des bases de la psychologie, du vécu et du comportement humain, ainsi que de la culture de l'erreur, de l'apprentissage et de la sécurité au sein des centrales nucléaires. D'autre part, il présentera des exemples concrets sur la manière de mettre en œuvre les facteurs HOF (Human and Organizational Factors) dans la pratique, sur les expériences faites dans ce domaine et sur les défis qui se posent. La manifestation se terminera par un apéritif de réseautage.

**Programme et inscription**  
[www.nuklearforum.ch/wbk-2021](http://www.nuklearforum.ch/wbk-2021)



Nouveau: La **journée de pratique** consacrée au thème «**Organisation des programmes de développement dans le domaine de la culture de la sécurité au centre HRO de la centrale nucléaire de Gösgen-Däniken**»  
(Participation facultative)

## Un regard sur l'état actuel de développement des SMR

Il existe actuellement plus de 70 projets de petits réacteurs modulaires (Small Modular Reactors, SMR) dans le monde. Au vu de l'intérêt témoigné par de nombreux pays membres pour ce type d'installations, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a publié une nouvelle édition de sa brochure sur l'état actuel de leur développement.

Intitulée «Advances in Small Modular Reactor Technology Developments – 2020 Edition», la publication est conçue comme un complément au système d'information sur les réacteurs ARIS (Advanced Reactors Information System, <https://aris.iaea.org/>) de l'AIEA. Elle a pour but de donner aux États membres un aperçu de l'état actuel de développement des SMR, et contient pour la première fois des informations sur le cycle du combustible et la gestion des déchets radioactifs propres aux différentes conceptions de SMR présentées.

### Sous le signe de la polyvalence

Sont considérés comme des SMR tous les systèmes de réacteurs dont la puissance électrique ne dépasse pas 300 MW<sub>e</sub>. Les principales technologies de réacteurs font toutes l'objet de projets de SMR. En outre, le développement d'un sous-groupe de SMR, les microréacteurs (puissance électrique jusqu'à 10 MW<sub>e</sub>), est en plein essor depuis quelque temps. Bon nombre de ces projets de SMR ciblent des marchés caractérisés par des réseaux de transport d'électricité peu développés et des marchés requérant une production flexible d'électricité (notamment en combinaison avec les énergies renouvelables). Ils peuvent aussi être destinés à remplacer des centrales au charbon vieillissantes, ou encore être installés sur des îles ou dans des régions reculées dépourvues de réseau d'électricité.

Selon l'AIEA, l'industrie se penche actuellement sur différentes questions telles que les facteurs humains dans les salles de contrôles d'installations comportant plusieurs modules, la définition des termes sources de telles installations (pour déterminer les zones de planification dans le cadre de la protection en cas d'urgence), la définition de nouveaux codes et standards ainsi que certains aspects de l'exploitation en suivi de charge. Sans oublier le caractère économique des SMR, qui reste encore à démontrer.

### Regroupement par technologie de réacteur

Dans cette édition de sa brochure, l'AIEA subdivise la multitude des projets existants en six groupes:

**1) Réacteurs terrestres refroidis à l'eau:** Il s'agit des nombreuses variantes de réacteurs à eau légère ou à eau lourde qui s'appuient sur les technologies matures que nous connaissons aujourd'hui. Avec 25 projets dans douze pays, ce groupe est le plus grand de la compilation de l'AIEA. Parmi les systèmes les plus avancés (voir la carte), deux sont déjà en construction: les réacteurs à eau sous pression CAREM en Argentine et ACP100 («Linglong One») en Chine, dont la construction a débuté à la mi-juillet 2021. Le réacteur coréen à eau sous pression SMART est déjà certifié, et deux systèmes sont en cours d'examen aux États-Unis: le réacteur à eau sous pression de NuScale et le réacteur à eau bouillante BWRX-300 de General Electric / Hitachi, qui est basé sur l'ESBWR (Economic Simplified Boiling Water Reactor, 1520 MW<sub>e</sub>), déjà certifié aux États-Unis.

**2) Réacteurs marins refroidis à l'eau:** Ce groupe comprend les systèmes utilisés sur des plates-formes flottantes ou sous l'eau. Il s'agit en particulier des deux réacteurs à eau sous pression KLT-40 de la plate-forme flottante «Akademik Lomonosov», qui sont en service en Sibérie orientale depuis mai 2020, et du VBER-300 du même fabricant russe, qui est actuellement en phase de certification.

**3) Réacteurs haute température refroidis au gaz (HTGR):** Ils fournissent de la vapeur à plus de 750 °C pour la cogénération et toute une gamme d'applications industrielles. La brochure décrit onze réacteurs de ce type, dont les deux tranches jumelles du réacteur à lit de boulets HTR-PM qui se trouve à un stade de construction avancé en Chine, ainsi que les réacteurs d'essai HTR-10, en Chine également, et HTTR-30, au Japon, tous deux en service depuis plus de 20 ans.

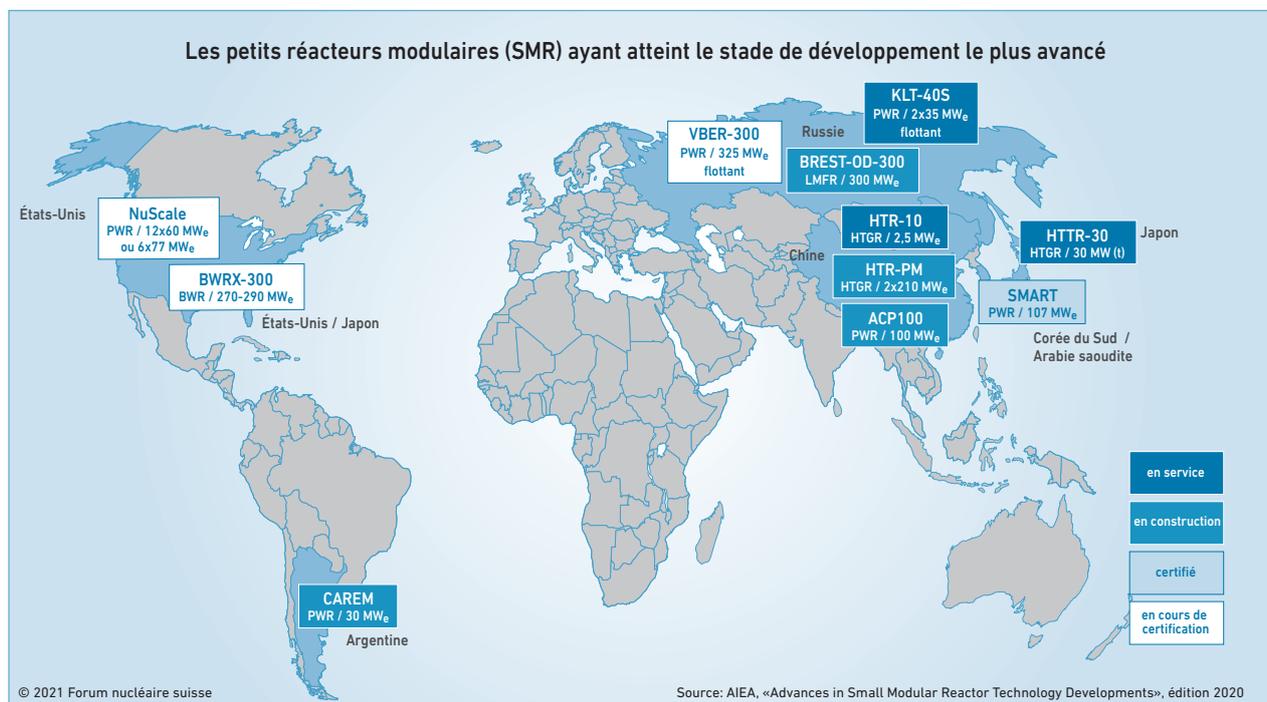
**4) Réacteurs à neutrons rapides:** La brochure décrit onze types de réacteurs utilisant divers caloporteurs, dont le sodium, le plomb, le plomb-bismuth et l'hélium gazeux. Le plus avancé est le réacteur de démonstration refroidi au plomb BREST-OD-300, dont la construction a débuté en juin 2021 à Seversk (Russie).

**5) Réacteurs à sels fondus (Molten Salt Reactor, MSR):** Ils offrent toute une série d'avantages en termes de sûreté intrinsèque, de systèmes de refroidissement monophasés presque sans pression et de cycles de combustible flexibles. Plusieurs conceptions de MSR sont en phase de précertification en Grande-Bretagne, au Canada et aux États-Unis.

**6) Microréacteurs:** Cette édition de la brochure comprend pour la première fois une section spécifiquement consacrée aux réacteurs d'une puissance allant jusqu'à

10 MWe, dont le développement connaît aujourd'hui un essor sans précédent. Ils sont basés sur une grande variété de technologies, notamment le HTGR et les conceptions utilisant des caloducs pour le transport de chaleur. La brochure décrit six systèmes, dont un réacteur haute température refroidi au gaz baptisé Micro Modular Reactor (MMR) et conçu par l'Américain Ultra Safe Nuclear Corporation (USNC), qui souhaite en construire une tranche au laboratoire canadien de Chalk River. Les microréacteurs sont destinés à des marchés de niche tels que les réseaux de chauffage à distance dans les régions reculées ou les installations minières et les pêcheries alimentées jusqu'à présent par des groupes diesel.

Il est frappant de constater qu'il n'y a actuellement aucun SMR à un stade avancé de développement en Europe. (M.S./D.B.)



## La Canada fait le pari des SMR

Les petits réacteurs modulaires sont la nouvelle vague d'innovation de la technologie nucléaire. Ils joueront un rôle décisif dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre et offriront des emplois hautement qualifiés. Le gouvernement canadien base ses convictions sur une feuille de route soigneusement rédigée et bénéficiant d'un large soutien.

Le Canada ne fait pas les choses à moitié concernant la nouvelle impulsion donnée au nucléaire: en décembre 2020, le gouvernement, en collaboration avec de nombreux partenaires en provenance de tout le pays, a lancé son plan d'action portant sur une utilisation large des petits réacteurs modulaires (SMR). Il a invité l'ensemble des groupes intéressés à travers le Canada – les gouvernements des provinces et les gouvernements locaux, la population indigène, l'industrie, l'économie énergétique et la société civile – à concrétiser les résultats de la feuille de route élaborée en 2018.

La rédaction du document «Appel à l'action: Feuille de route des petits réacteurs modulaires» a rassemblé tous les groupes concernés et intéressés du pays dans le cadre d'une procédure de dix mois, afin qu'ils discutent du potentiel des SMR au Canada. Les experts comme les peuples indigènes des territoires du nord ont ainsi eu l'occasion de s'exprimer. Ce processus, mis en œuvre pour la première fois au Canada, a donné lieu à une recommandation concrète pour la suite de la procédure.

### Un contexte favorable pour pénétrer le marché mondial

La feuille de route aboutit au constat suivant: le Canada se trouve dans une position favorable. Son expérience de 60 ans dans la recherche et le développement nucléaire, son autorité de sûreté nucléaire de classe mondiale, sa demande intérieure importante, et sa chaîne d'approvisionnement dynamique et nationale constituent une base solide pour permettre à l'industrie nucléaire canadienne de faire face à une concurrence déjà forte. Les Canadiens estiment que le marché mondial pour les SMR représentera d'ici à 2040 un montant de 150 milliards de dollars (CHF 108 mia.) par an.

Les auteurs du document considèrent que la chance du Canada réside en premier lieu dans une fusion à l'échelle nationale afin de conquérir le marché intérieur des SMR. Ces derniers nécessitent des investissements peu élevés et leur conception modulaire facilite le contrôle des coûts. Ils sont, par ailleurs,

compétitifs comparés à d'autres technologies de production d'électricité abordables et possèdent des caractéristiques de sécurité élevées. En outre, le pays offre de nombreux sites adaptés à la construction de SMR (cf. carte). Enfin, les SMR sont un partenaire optimal dans les systèmes énergétiques hybrides qui combinent nucléaire et renouvelable. D'après la feuille de route, le succès dépendra de partenariats stratégiques dans quatre piliers thématiques:

### Pilier 1: De la démonstration au déploiement

Les gouvernements fédéral et provinciaux intéressés par les SMR devront offrir du financement afin de partager avec l'industrie les coûts d'un ou de plusieurs projets de démonstration ou des modèles avancés de réacteurs. Ils devront mettre en place des mesures pour partager le risque avec les investisseurs privés dans le but d'inciter les premiers déploiements. Et ce avec la possibilité d'exporter la technologie conçue sur le sol canadien vers les marchés internationaux.

### Pilier 2: Procédure d'autorisation et gestion des déchets

Le gouvernement fédéral doit moderniser le processus fédéral d'étude d'impact avec d'autres initiatives visant à développer et à déployer des SMR. Il doit également adapter les règlements de responsabilité en vigueur pour les SMR de sorte qu'ils soient proportionnels aux risques.

Il est également recommandé que les fournisseurs de technologie de SMR collaborent au sein de la Société canadienne de gestion des déchets nucléaires. Par ailleurs, il conviendra de s'assurer que les spécifications techniques de cette nouvelle technologie seront intégrées dans la planification des dépôts en couches géologiques profondes. Là encore, le gouvernement fédéral devra considérer le partage des risques pour certains coûts.

### Pilier 3: Gagner la confiance du public

En se fondant sur les dialogues constructifs amorcés avec la feuille de route, les gouvernements du Canada,

des provinces et des territoires intéressés par les SMR devront continuer leur dialogue sur les caractéristiques des SMR avec les peuples et les communautés autochtones, bien avant toute proposition de projet particulier. La feuille de route indique toutefois que, malgré le potentiel élevé du nord du pays, les premiers SMR devront être construits au sud. À ce jour, ce sont les provinces de l'Ontario, du Nouveau-Brunswick et de la Saskatchewan qui ont manifesté le plus grand intérêt pour la technologie. D'après les auteurs, cela tient probablement au fait que ces provinces bénéficient déjà d'une grande expérience dans les centrales nucléaire et/ou l'exploitation d'uranium.

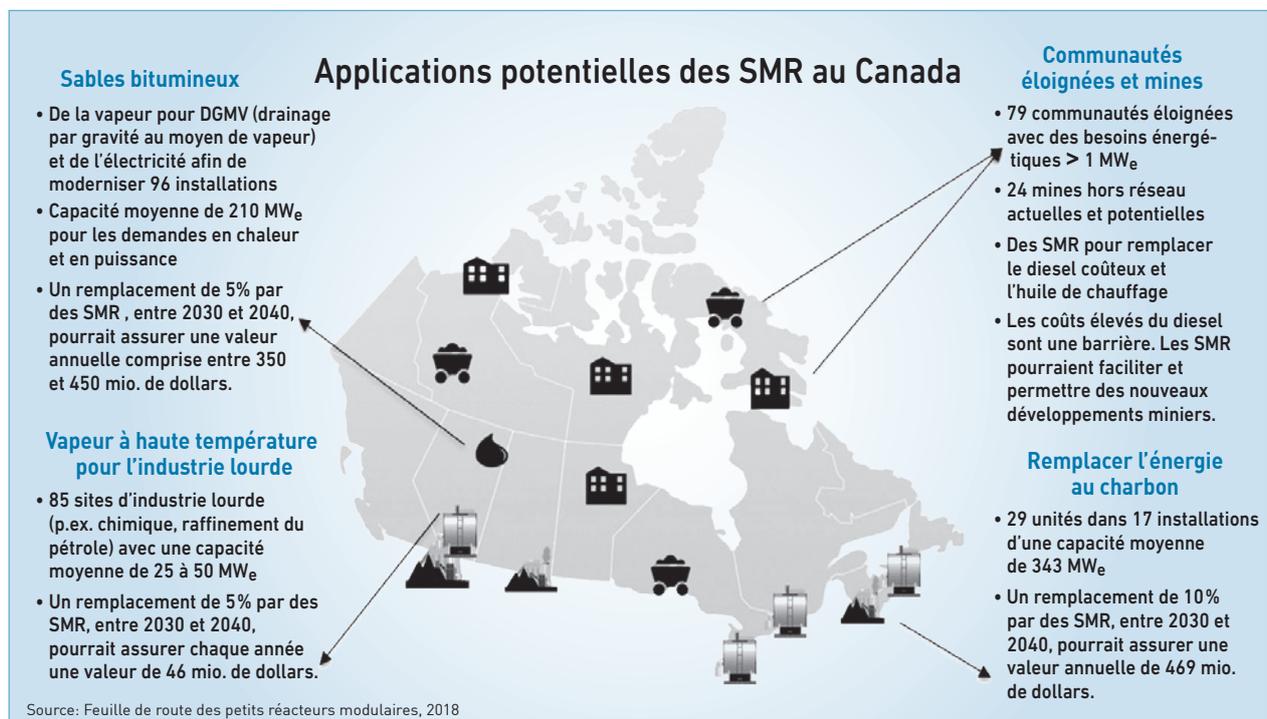
#### Pilier 4: Collaboration internationale

Le gouvernement fédéral, avec le soutien de l'industrie, des laboratoires et du milieu universitaire, doit continuer sa mobilisation internationale solide et efficace sur les SMR afin d'influencer la mise sur pied de cadres internationaux favorables pour ces technologies.

### Il est temps d'agir – la concurrence ne se repose pas!

Au total, la feuille de route formule plus de 50 recommandations. Ses auteurs soulignent trois points en particulier:

1. L'occasion à saisir avec les SMR est réelle. Les SMR sont nés pour répondre aux forces du marché, qui demandent des réacteurs nucléaires plus petits, plus simples et moins chers.
2. Le Canada a tout ce qu'il faut pour saisir cette occasion. Mais il faut agir **dès maintenant** car la concurrence est déjà en marche.
3. Aucune partie prenante ne peut agir seule. Le succès reposera sur des partenariats stratégiques dans l'ensemble du secteur, au Canada et à l'échelle internationale. C'est là aussi tout l'objectif de la feuille de route: agir comme point de convergence pour rassembler tous les partenaires potentiels afin de tracer la voie recommandée. (M.S./C.B.)



## «Le nucléaire est incontournable pour surmonter la crise climatique»

La Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques, qui se tiendra à Glasgow du 31 octobre au 12 novembre 2021, approche à grands pas. Six ans après l'accord de Paris qui oblige, pour la première fois, l'ensemble des pays du globe à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, ce nouveau sommet sur le climat devrait mettre en évidence les moyens par lesquels les États entendent atteindre leurs objectifs climatiques. Pas moins de 33 d'entre eux misent entre autres sur l'énergie nucléaire, donc sur une technologie prise en compte par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) dans ses scénarios climatiques. Le recours à l'atome est également l'approche préconisée par Bhaskar Sunkara, écrivain politique, fondateur et rédacteur en chef de «Jacobin», un magazine qui se considère comme l'une des voix influentes de la gauche américaine.

«Le nucléaire est incontournable pour surmonter la crise climatique» écrit M. Sunkara dans un article publié dans «The Guardian». À ses yeux, il s'agit d'une «forme performante d'énergie propre», qui est «nettement plus fiable que l'éolien ou le solaire». Dans son article, il critique surtout la mise à l'arrêt de centrales nucléaires qui auraient dû être remplacées par un développement massif des énergies renouvelables, mais ne l'ont pas été, ce genre de belles promesses n'étant que rarement tenues dans la réalité. Il prend comme exemple la centrale nucléaire d'Indian Point, à 45 km au nord de New York City, qui a été arrêtée définitivement le 30 avril 2021. Pendant des décennies, l'installation a fourni la majeure partie de l'électricité décarbonée consommée par la ville tout en assurant près d'un millier d'emplois stables. L'autorité de sûreté nucléaire l'avait jugée parfaitement sûre. L'ancien gouverneur de New York, Andrew Cuomo, qui a joué un rôle déterminant dans la décision, a affirmé que la fermeture d'Indian Point constituait «un grand pas vers la réalisation de nos objectifs agressifs en matière d'énergie propre». Le fait est toutefois que le premier mois entier qui a suivi la fermeture de la centrale, l'intensité en CO<sub>2</sub> moyenne de l'État a augmenté de 46% par rapport à la période durant laquelle Indian Point était en service. «New York a remplacé l'énergie nucléaire propre issue d'Indian Point par des combustibles fossiles comme le gaz naturel», écrit M. Sunkara.

«C'est un cauchemar que nous aurions dû voir venir», affirme Bhaskar Sunkara en dressant un parallèle avec

l'Allemagne. Tout comme New York, l'Allemagne a couplé son abandon de l'atome à la promesse d'investir plus massivement dans les énergies renouvelables. Les premières fermetures de centrales nucléaires ont toutefois entraîné une hausse de ses émissions de CO<sub>2</sub>, car le déficit de production a été en partie comblé par de nouvelles centrales au charbon. À New York, il le sera notamment par la construction de trois nouvelles centrales au gaz. En Allemagne, les capacités renouvelables mises en place grâce aux investissements sont venues remplacer les centrales nucléaires fermées au lieu de réduire la consommation de combustibles fossiles. C'est la raison pour laquelle l'intensité carbone de l'électricité allemande est supérieure à la moyenne européenne.

### Les énergies durables handicapées par le besoin d'une météo coopérative

Dans le monde, seule une poignée de grandes économies ont en grande partie décarboné leur approvisionnement en électricité. Pour ce faire, elles se sont toutes appuyées sur une base hydroélectrique ou nucléaire (voire les deux), à laquelle elles ont «ajouté, dans une mesure plus ou moins grande, des énergies renouvelables comme l'éolien et le solaire», écrit M. Sunkara. «C'est parce que le nucléaire et la force hydraulique peuvent répondre à n'importe quel moment à la demande d'électricité. Ces sources d'électricité propres n'ont pas à attendre que le vent souffle ou que le soleil brille». «Les batteries et autres formes de stockages d'énergie sont fantastiques, mais elles requièrent en-

core d'importants investissements dans la recherche et le développement pour devenir encore meilleures». Et M. Sunkara de conclure: «Tant que de grands bonds technologiques n'auront pas été réalisés, les énergies durables resteront handicapées par le besoin d'une météo coopérative.»

Bhaskar Sunkara se penche par ailleurs sur la question de savoir pourquoi le nucléaire suscite encore autant d'hostilité malgré le risque du réchauffement climatique. «Une partie de la paranoïa trouve sans doute ses racines dans l'association, remontant au temps de la guerre froide, entre les dangereuses armes nucléaires et l'utilisation pacifique de l'atome. Nous pouvons et devons séparer ces deux choses, tout comme nous faisons la différence entre bombe atomique et médecine nucléaire». En outre, il faut prendre du recul par rapport aux «récits populaires sur Tchernobyl et d'autres catastrophes, qui ne sont tout simplement pas reproductibles avec les technologies modernes».

À ses yeux, s'il existe quelques inquiétudes légitimes en ce qui concerne les déchets radioactifs, il n'en demeure pas moins que la perception du public repose sur des informations obsolètes. «La quantité de déchets produite par les installations a été réduite de façon spectaculaire, et la plus grande partie de ce qui reste peut être recyclée de manière à produire davantage d'électricité», écrit M. Sunkara. Les soucis relatifs aux déchets ne sont d'ailleurs pas l'apanage de l'industrie nucléaire. Les énergies renouvelables produisent

aussi des déchets. Le solaire produit par exemple des métaux lourds comme le cadmium, le plomb et l'arsenic qui, contrairement aux déchets radioactifs, ne perdent pas leur nocivité avec le temps.

«Le nucléaire est une technologie qui paraissait devoir être reléguée aux oubliettes, mais qui semble pourtant avoir de l'avenir», résume M. Sunkara. Dès lors que l'on cherche une solution au changement climatique, le moins que l'on puisse faire est de s'abstenir de fermer des centrales nucléaires comme Indian Point jusqu'à ce qu'une solution de rechange à la fois propre, fiable et évolutive soit trouvée. (S.D./D.B. d'après «The Guardian», 21 juin 2021).

**Bhaskar Sunkara**, né en 1989 aux États-Unis, est fondateur et rédacteur en chef du magazine «Jacobin» et éditeur de «Catalyst: A Journal of Theory and Strategy». Il est aussi coauteur de deux ouvrages, «The Future We Want: Radical Ideas for the New Century» et «Europe in Revolt. Mapping the New European Left». Il écrit en outre pour plusieurs journaux américains. En 2020, il a été inscrit sur la liste des «40 Under 40» du magazine «Fortune», dans la catégorie «Government and Politics». Il s'agit de la liste des jeunes personnalités que le journal considère comme les plus influentes de l'année.

## La République tchèque continue à miser sur le nucléaire

La République tchèque s'est fixé comme objectif d'atteindre la neutralité climatique d'ici à 2050. Pour cela, le gouvernement continue à miser sur le nucléaire, et envisage de construire de nouveaux réacteurs.

L'économie énergétique tchèque est encore dominée par le charbon, principale source d'énergie fournissant à ce jour 49% du courant et une grande partie de la chaleur par le biais de la chaleur à distance. Dans le pays, le charbon est également utilisé pour le chauffage individuel. D'après des estimations figurant dans le concept énergétique public, la consommation de lignite et de charbon sera amenée à reculer. Il est donc essentiel que le pays puisse recourir à des technologies modernes et efficaces. L'objectif demeure toutefois de réduire autant que possible la production d'énergie à partir du charbon. La seconde source énergétique du pays, aujourd'hui essentiellement utilisée pour la production d'électricité, est l'énergie nucléaire. Elle fournit 34% du courant total. Elle est suivie du gaz, utilisé pour la production d'électricité, la chaleur à distance et le chauffage domestique. Les ménages consomment près de 27% du gaz utilisé pour le chauffage. La part actuelle du gaz dans la production d'électricité se situe autour de 4%. La part de la production issue des énergies renouvelables dans la consommation totale d'électricité n'a pas beaucoup évolué au cours des dernières années et s'établit à 11%.

### Le développement de la filière nucléaire

Le gouvernement tchèque a lancé la construction de sa première centrale nucléaire en 1958 – un réacteur à eau lourde refroidi au gaz sur le site de Bohunice (situé aujourd'hui en Slovaquie). La tranche Bohunice A1 de 110 MW a été achevée en 1972 et a produit de l'électricité jusqu'en 1977. La construction de quatre tranches du type VVER-440 sur le site de Bohunice a été lancée dans les années 1970. Les installations ont été mises en service au milieu des années 1980.

La construction des installations sur le site de Dukovany – la première centrale nucléaire dans la République tchèque actuelle –, elle avait été lancée le 1<sup>er</sup> janvier 1979. Les quatre réacteurs sont du type russe VVER-440/V-213. Ils ont été mis en service commercial entre 1985 et 1987 et ont fait l'objet depuis d'un rééquipement constant.

Les travaux de construction sur le site de Temelín, qui devait initialement comprendre quatre réacteurs VVER-

1000/V-320 ont, quant à eux, été lancés en 1982. Le premier béton des tranches 1 et 2 a été coulé le 1<sup>er</sup> février 1987. Suite à la révolution de Velours de 1989, le nouveau gouvernement démocratique a toutefois décidé en 1990 de suspendre la construction des tranches 3 et 4. À ce moment-là, les centrales nucléaires faisaient face à une vague de protestations et un certain malaise politique s'était installé concernant l'avenir du nucléaire. Malgré tout, la construction des tranches 1 et 2 se poursuivait dans une certaine mesure. Au moment de la scission de la Tchécoslovaquie, le gouvernement de la nouvelle République tchèque décida, en mars 1993, d'achever uniquement ces deux tranches. L'Américain Westinghouse Electric Company fut choisi pour remplacer le contrôle-commande ainsi que les systèmes de surveillance et de diagnostic dans le cadre d'un appel d'offres. L'entreprise fut également chargée de fournir le combustible (premier chargement ainsi que quatre rechargements).

Les tranches Temelín 1 et 2 furent mises en service respectivement en 2000 et 2002, les rééquipements furent financés par l'énergéticien Skupina ČEZ a.s.



(ČEZ), majoritairement en main publique. L'exploitation commerciale des deux réacteurs commença en juin 2002 et en avril 2003.

La chaleur à distance produite à Temelín est transportée jusqu'aux villes de Tyn et de Vltavou, situées à environ 5 km de la centrale, et ČEZ met actuellement en

place le raccordement à la ville de České Budějovice (Budweis), située à 24 km. Un autre projet consistera à transporter la chaleur à distance depuis Dukovany vers Brno. Une étude d'impact environnemental avait été remise à cet effet en juillet 2010. ČEZ estime qu'ainsi, un tiers du besoin en chaleur de la ville, d'un total de 3700 TJ, pourra être couvert.

### Les centrales nucléaires tchèques

Nom	Type de réacteur	Puissance en MW	Lancement de la construction	Mise en service
Dukovany 1	VVER-440/V-213	468	1.1.1979	24.2.1985
Dukovany 2	VVER-440/V-213	471	1.1.1979	30.1.1986
Dukovany 3	VVER-440/V-213	468	1.3.1979	14.11.1986
Dukovany 4	VVER-440/V-213	471	1.3.1979	11.6.1987
Temelín 1	VVER-1200/V-320	1027	1.2.1987	21.12.2000
Temelín 2	VVER-1200/V-320	1029	1.2.1987	29.12.2002

### La politique nucléaire

Un projet de politique énergétique national d'ici à 2060, élaboré en 2011, prévoit une augmentation importante de la capacité nucléaire de 13,9 GW actuellement à 18,9 GW, dans le contexte d'une introduction massive de véhicules électriques. L'énergie nucléaire fournirait alors près de 60% du courant du pays. La version adoptée en novembre 2012 prévoyait une part du nucléaire d'au moins 50%, ainsi que la construction de deux nouvelles tranches à Temelín et d'une à Dukovany afin d'augmenter la production annuelle jusqu'à 46,5 TWh d'ici à 2025, puis jusqu'à 55,2 TWh. Par ailleurs, les quatre tranches présentes à Dukovany bénéficieront d'une prolongation d'exploitation de 20 ans et pourront alors fonctionner respectivement jusqu'en 2045 et 2047. La consommation de charbon diminuera d'un tiers d'ici à 2040 par rapport à son niveau actuel, le gaz augmentera, et le soutien aux énergies renouvelables baissera drastiquement. Les centrales nucléaires approvisionneront Brno et d'autres villes en chaleur à distance jusqu'en 2030.

La politique énergétique nationale de 2015 confirme la plupart des projets esquissés en 2012, ainsi que la construction d'une nouvelle tranche à Dukovany et de deux autres à Temelín, mais sans prix de l'électricité garantis par l'État. Le pays souhaite ainsi satisfaire les

objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> fixés par l'UE. Il est prévu que le nucléaire représente la principale source d'électricité, et que sa part augmente de 35% à une valeur comprise entre 46 et 58% en 2040. La part du charbon baissera à 21%, les énergies renouvelables pourraient s'établir à 25% et le gaz entre 5% et 15%. D'ici à 2035, la capacité nucléaire augmentera de 2500 MW, et encore davantage par la suite. Une réserve en combustible équivalant à quatre années sera également requise. Le plan tchèque en matière d'énergie et de climat de 2019 repose sur cette politique énergétique.

En 2016, le gouvernement avait déjà mis sur pied un nouveau comité placé sous la houlette du Premier ministre et chargé de coordonner le développement de l'énergie nucléaire dans le pays. Un nouveau préposé au nucléaire intervenait en tant que coordinateur principal pour les développements concernés. Le comité est responsable des nouvelles constructions, de la chaîne d'approvisionnement, des déchets et de la législation, et est chargé de développer le secteur nucléaire. En janvier 2017, trois groupes de travail ont été créés dans l'objectif de donner un nouvel élan à l'énergie nucléaire dans la politique énergétique de 2015, dans un premier temps grâce à la construction d'une nouvelle tranche à Dukovany. →

Dans un discours de décembre 2019, le Premier ministre tchèque, Andrej Babiš, a annoncé que les travaux de construction d'une nouvelle tranche à Dukovany pourraient être lancés en 2029. La mise en service commerciale est, quant à elle, prévue pour 2036. La part du nucléaire dans l'approvisionnement électrique passera à 40% d'ici à 2040.

### Rééquipements et prolongations d'exploitation

Les quatre réacteurs de Dukovany ont été rééquipés entre 2005 et 2008 grâce au remplacement des turbines basse pression de 440 MW par des turbines de 456 MW. Par ailleurs, le changement de combustible, le remplacement de la turbine haute pression, le rééquipement de l'alternateur et les modifications apportées au contrôle-commande ont permis de poursuivre l'augmentation de la puissance des tranches 3 et 4. Des travaux de modernisation similaires, achevés fin 2012, ont été réalisés sur les tranches 1 et 2.

Entre 2004 et 2007, Škoda Power a rééquipé les turbines haute pression de Temelín 1 et 2 dans le cadre d'un projet d'un montant de 26 millions d'euros, ce qui a permis au deux tranches d'atteindre une puissance brute de 963 MW chacune. D'autres travaux de modernisation ont ensuite permis d'augmenter la puissance jusqu'à 1030 MW. Il est prévu que la tranche 1 soit en exploitation jusqu'en 2040 et la tranche 2 jusqu'en 2042.

Début 2009, ČEZ a lancé un projet d'exploitation à long terme (Long-term Operation, LTO) qui visait une prolongation de dix ans de la durée d'exploitation prévue des réacteurs de Dukovany. Le projet LTO se composait d'environ 230 projets partiels et a coûté 18 milliards de couronnes tchèques (CHF 760 mio.) entre 2009 et 2017.

En juin 2020, ČEZ a déclaré qu'elle envisageait d'investir 2,3 milliards de dollars au cours des 27 prochaines années afin de prolonger la durée de fonctionnement des quatre tranches de Dukovany de 20 années supplémentaires, pour atteindre 60 ans d'exploitation. Les travaux devaient se concentrer sur les systèmes du contrôle-commande, le câblage et les systèmes de sécurité. La centrale nucléaire de Dukovany doit pouvoir fonctionner jusqu'à ce qu'une tranche de remplacement soit mise en service.

### Temelín 3 et 4 et Dukovany 5 et 6: une histoire mouvementée

La politique énergétique de 2004 prévoyait la construction d'au moins deux tranches nucléaires de forte puissance, probablement sur le site de Temelín, afin de remplacer les tranches de Dukovany sur le long terme.

En juillet 2008, ČEZ a annoncé un plan de construction de deux nouveaux réacteurs d'une puissance globale jusqu'à 3400 MW sur le site de Temelín. Le lancement des travaux était prévu pour 2013 et la mise en service de la première tranche pour 2020.

Une procédure d'appel d'offres publique portant sur la construction des deux nouvelles installations avait alors été organisée en août 2009. À cette époque, ČEZ communiqua les résultats d'un sondage d'opinion, qui montraient que 77% des habitants – et 56% des électeurs Verts – soutenaient la construction de nouveaux réacteurs à Temelín. En 2014, 68% des personnes interrogées étaient favorables à une nouvelle construction.

En mars 2010, ČEZ a annoncé avoir mené des discussions avec trois candidats en amont de la procédure d'appel d'offres. Il s'agissait d'une coentreprise dirigée par Westinghouse (AP1000), d'un consortium composé de Škoda JS, d'Atomstroieexport et de JSC OKB Gidropress (AES-2006/MIR-1200), et d'Areva (EPR). En octobre 2011, ČEZ lança officiellement son appel d'offres relatif à la fourniture de deux tranches nucléaires «clé en main y compris la livraison du combustible pour neuf années d'exploitation». Parmi les conditions figuraient le fait que les types de réacteur proposés devaient être homologués dans les pays d'origine des fournisseurs ou dans un État membre de l'UE et que les exigences tchèques et les exigences de l'UE ainsi que les exigences de sécurité fixées par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et de l'Association des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (Wenra) devaient être respectées.

### Des premières offres pour l'extension de Temelín, ...

Les offres pour Temelín 3 et 4 furent remises en juillet 2012. L'attribution prévue pour 2013 fut toutefois repoussée de 18 mois à mi-2015 et, avec elle, l'élaboration d'une stratégie énergétique par le nouveau gouvernement. Le groupe étatique russe Rosatom proposa un financement intégral via Rusatom Overseas, en préférant toutefois une part de 49%. De leur côté, Areva et Westinghouse déclarèrent initialement n'être intéressées ni par le financement ni par les aspects d'exploitation, mais mi-2013, la banque américaine d'import-export proposa de prêter la moitié des fonds à ČEZ si elle optait pour la technologie de Westinghouse. Il était question alors que le prêt court sur une durée de 25 ans, avec un point de pourcentage au-dessus des titres du Trésor américain à dix ans. ČEZ

informa qu'une fois la technologie de réacteur choisie, il rechercherait un partenaire stratégique avec lequel il pourrait partager le risque. Entretemps, l'offre d'Areva fut rejetée. ČEZ justifia ce choix par le fait que l'offre ne satisfaisait pas les exigences légales des marchés publics ni la totalité des critères imposés. Areva contesta la décision, mais son recours fut rejeté par le Bureau anti-monopole tchèque.

En novembre 2012, ČEZ remit à l'autorité de sûreté nucléaire, la SÚJB, une demande portant sur la construction de deux nouveaux réacteurs à Temelín. La déclaration d'impact environnemental remise en mai 2010 fit l'objet d'une autorisation en janvier 2013.

### ... à l'abandon, puis à la relance, du projet

En avril 2014, ČEZ mit un terme à la procédure d'appel d'offres relative à l'extension de Temelín. Avant cela, le gouvernement tchèque avait décidé de ne pas accorder de garantie d'État pour les centrales pauvres en émission, en raison de l'absence d'objectifs à long terme de la politique européenne du marché de l'électricité. Le ministre des Finances et le ministre de l'Industrie et du Commerce préparèrent alors un nouveau plan de développement de l'énergie nucléaire en République tchèque, qu'ils remirent fin 2014. Le document prévoyait que ČEZ devienne l'investisseuse principale de la construction de nouveaux réacteurs. Il s'agissait de construire une nouvelle tranche sur chacun des sites de Temelín et de Dukovany, puis, éventuellement, une seconde.

Les offres pour ces nouvelles constructions étaient attendues pour 2015. Korea Electric Power Co (Kepco) fit part de son intention de déposer une candidature, et en décembre 2015, un accord de coopération nucléaire fut signé avec la Corée du Sud. En août 2014, le vice-Premier ministre chinois manifesta l'intérêt de son pays pour le projet. En septembre 2014, Westinghouse proposa aux ministres tchèques des Finances et de l'Industrie et du Commerce une participation au capital à l'image de ce qui avait été fait en Grande-Bretagne, où la société-mère Toshiba détenait 60% du capital du projet de Moorside, avorté entretemps.

En juin 2015, le gouvernement autorisa un plan d'action national à long terme pour l'énergie nucléaire, qui prévoyait la construction d'une nouvelle tranche à Dukovany et potentiellement de trois autres sur chacun des deux sites. Le plan recommandait que ČEZ crée une filiale chargée d'établir des projets de construction et de rechercher des options pour le financement de nouveaux réacteurs, et ce même si le premier réacteur n'était éventuellement pas autorisé avant 2025. La décision

concernant la structure tarifaire pour l'électricité produite dans la nouvelle centrale était attendue pour 2017.

En juin 2016, ČEZ remit au ministère tchèque de l'Environnement les documents destinés à lancer une étude d'impact environnemental pour deux nouveaux réacteurs sur le site de Dukovany, avec une demande de permis de construire attendue pour 2025. Un mois plus tard, l'entreprise invita dix fabricants de réacteurs à répondre à sa demande d'information. Atmea (coentreprise composée d'Areva et de Mitsubishi Heavy Industries), China General Nuclear Power Corporation (CGN), Électricité de France (EDF) en partenariat avec Areva, Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP), Rosatom et Westinghouse manifestèrent leur intérêt. Et alors que le gouvernement n'avait pas encore clarifié la question du financement, ČEZ mena des discussions préalables avec les six entreprises début 2017. Atmea se retira de la procédure en février 2020. En mars 2021, MPO choisit EDF, KHNP, Rosatom et Westinghouse pour participer à un tour de préqualification pour l'appel d'offres relatif à la tranche 5 de Dukovany. L'entreprise chinoise fut exclue pour des raisons de sécurité, de même que Rosatom peu de temps après. En juin 2021, les entreprises restantes, à savoir EDF, KHNP et Westinghouse, furent invitées à remplir un «questionnaire de sécurité» avant fin novembre à des fins d'examen préalable.

Début mars 2020, ČEZ remit à la SÚJB une demande de permis de site pour ses deux tranches nucléaires en projet. Le document de 1600 pages décrit et évalue notamment si le site de Dukovany est adapté à la construction d'une nouvelle centrale nucléaire. Il aborde les aspects géologiques, hydrologiques et écologiques, ainsi que des questions de sécurité, de même que les conséquences de telles installations sur la population et l'environnement, y compris durant la désaffectation. D'après ČEZ, les travaux préparatoires de cette demande dureraient cinq ans.

### Loi de transition vers une énergie pauvre en carbone

En juillet 2020, le gouvernement a adopté une proposition de loi relative à la transition vers une énergie pauvre en carbone, destinée à rendre possible la construction d'une centrale nucléaire. Le vice-Premier ministre et ministre de l'Industrie et du Commerce, Karel Havlíček, a estimé que le projet adopté par le gouvernement renforcera le processus de décarbonation et la sécurité de l'approvisionnement énergétique dans le pays, rendra possible une part élevée de sources pauvres en émissions, et offrira la base d'un courant nucléaire abordable. Un modèle de financement a aus-



**Le ministre tchèque de l'Industrie et du Commerce Karel Havlíček et le CEO de ČEZ Daniel Beneš après la signature des accords qui règlementent le cadre général et la première phase de l'extension de la centrale nucléaire de Dukovany.**

Photo: ministère tchèque de l'Industrie et du Commerce

si été autorisé. Cela permet au gouvernement et à ČEZ de conclure un contrat d'achat d'électricité sur une durée de 30 ans pour Dukovany 5. ČEZ pourra ainsi amortir les coûts d'investissement et générer des bénéfices. En vertu du contrat, l'État tchèque vendra de l'électricité sur le marché de gros. Si les prix de gros sont inférieurs au prix garanti, les consommateurs s'acquitteront de suppléments sur leurs factures afin de compenser les pertes. Ils bénéficieront toutefois de tarifs plus bas si les prix sont supérieurs, à l'image de ce qui est mis en place dans le cadre des contrats d'écart compensatoires «Contract for Difference» pour Hinkley-Point-C. Une limite supérieure s'applique aussi pour le modèle tchèque en cas de supplément éventuel. Le contrat d'achat d'électricité est conçu de sorte à être adapté également pour les installations supérieures à 100 MW qui seront connectées au réseau après 2030, y compris les petits réacteurs modulaires. Ces plans doivent être autorisés par la Commission européenne afin de garantir qu'ils répondent aux prescriptions européennes en matière d'aides d'État.

### Participation dans la centrale de Bohunice V3

Depuis 2009, ČEZ détient 49% d'une coentreprise avec l'entreprise publique slovaque Javys a.s. Cette coentreprise est chargée d'établir la faisabilité de la construc-

tion d'une cinquième tranche nucléaire d'une puissance comprise entre 1000 et 1600 MW sur le site slovaque de Bohunice. La tranche, Bohunice V3, remplacera les deux réacteurs mis à l'arrêt de Bohunice 1 et 2. Rosatom étudie actuellement la possibilité de participer au projet en tant que fournisseuse de technologie mais aussi d'investisseuse.

### Les petits réacteurs modulaires

En février 2020, ČEZ a signé une déclaration d'intention avec GE Hitachi, qui doit permettre d'étudier la faisabilité de la construction d'un petit réacteur modulaire (SMR) du type BWRX-300 en République tchèque. Cette signature fait suite à une déclaration d'intention avec NuScale en date de septembre 2019, qui règlementait l'utilisation d'un SMR dans le pays. En novembre 2020, ČEZ a également signé une déclaration d'intention avec Rolls-Royce, qui portait sur l'analyse du potentiel d'un SMR. Daniel Beneš, président du conseil d'administration et CEO de ČEZ, avait déclaré à l'époque: «Les nouvelles solutions et technologies énergétiques jouent un rôle clé dans notre secteur d'activité, et nous nous intéressons de près aux petits réacteurs modulaires depuis déjà un certain temps, notamment dans notre institut de recherche nucléaire ÚJV Řež. À l'avenir, les SMR pourraient représenter une alternative majeure que

nous ne pouvons ignorer. Le partenariat conclu avec Rolls-Royce et d'autres entreprises internationales constitue donc une étape logique de notre démarche.»

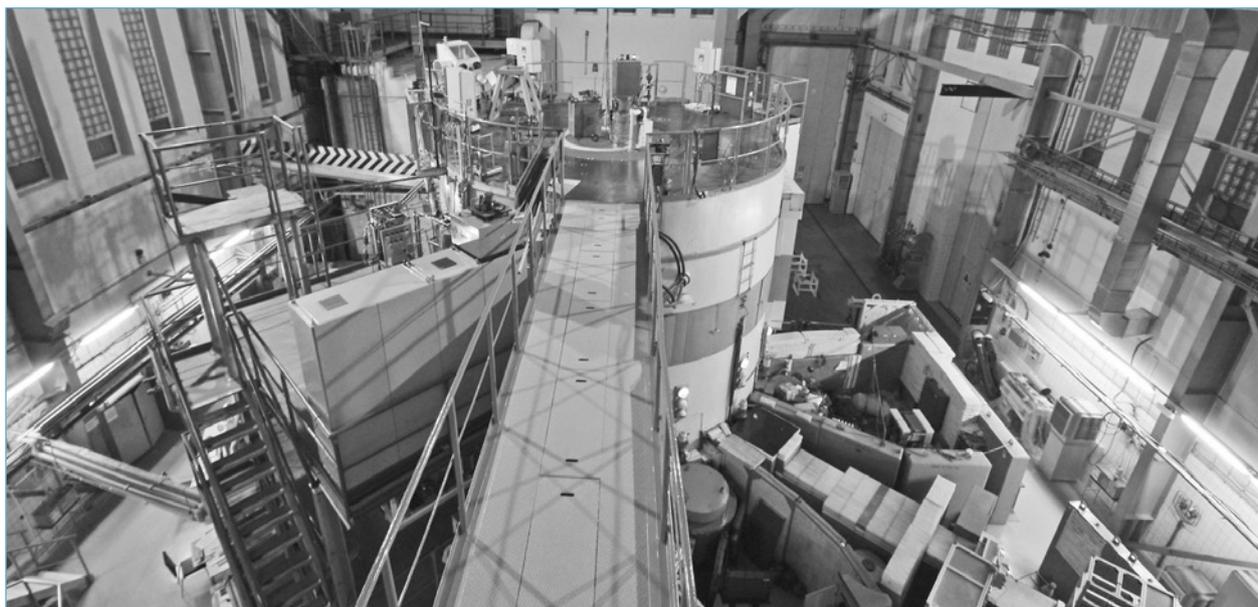
En mai 2021, l'institut de recherche nucléaire ÚJV Řež avait annoncé le développement d'un réacteur haute température refroidi au gaz (HTR) d'ici à 2035. Le petit réacteur modulaire, baptisé HeFASTo, possèdera une puissance thermique de 200 MW. Trois versions seront proposées: une destinée à la production de chauffage, une pour le couplage chaleur-force et une destinée à l'industrie chimique. D'après ÚJV Řež, le réacteur est actuellement en phase de préconception. HeFASTo est le deuxième projet de développement de l'institut. Le premier avait été présenté en 2018: L'Energy Well est un projet de petit réacteur modulaire haute température d'une puissance thermique d'environ 20 MW, refroidi au sel liquide. (M.A./C.B. d'après «Nuclear Power in Czech Republic» actualisé en juin 2021 de WNA et différentes sources)

### Recherche et développement

Le centre de recherche nucléaire ÚJV Řež plc a été créé en 1955 dans le cadre d'un accord entre la République tchèque et l'Union soviétique, et a été rattaché depuis à l'Académie tchèque des

sciences. Le village de Řež se trouve à environ 11 km au nord-ouest de Prague. L'institut de recherche nucléaire ÚJV Řež a été privatisé en 1992 et est aujourd'hui détenu par ČEZ à hauteur de 52,4%, par Slovak Electric à hauteur de 27,8%, par Škoda JS à hauteur de 17,4%, et par la commune de Husinec à hauteur de 2,4%.

Trois réacteurs de recherche sont aujourd'hui en exploitation: Le LVR-15 est un réacteur refroidi à eau légère, d'une puissance thermique de 10 MW, ce qui fait de lui le plus gros réacteur de recherche du pays. Il permet de produire également des radioisotopes. Le LR-0 est utilisé essentiellement dans le cadre de la formation des étudiants et des experts issus du domaine de l'énergie nucléaire. Les deux réacteurs sont exploités par le Centre de recherche Řež – une filiale d'ÚJV Řež. Le troisième réacteur est exploité par Czech Technical University. Il s'agit du VR-1 Vrabec (moineau en français). Le VR-1 a été le tout premier réacteur de recherche fourni par la Russie à fonctionner avec de l'uranium faiblement enrichi, depuis 2005. Dans le cadre de l'International Global Threat Reduction Initiative (GTRI, l'initiative mondiale de réduction de la menace nucléaire), les assemblages combustibles irradiés ont été retournés en Russie.



**Des expériences d'irradiation pour étudier les combustibles sont également menées dans le réacteur LVR-15 du Centre de recherche tchèque Řež.**

Photo: Centrum výzkumu Řež

## «A bright future» ou ce que la Suède fait mieux que l'Allemagne en matière de politique énergétique

En janvier 2019 déjà, deux scientifiques, Joshua S. Goldstein et Staffan A. Qvist, ont présenté un livre donnant un éclairage nouveau sur le potentiel de l'atome en matière de protection du climat.

Le livre «A Bright Future: How Some Countries Have Solved Climate Change and the Rest Can Follow» (Un avenir radieux: comment certains pays ont résolu le problème du changement climatique et comment les autres peuvent suivre) commence par un constat alarmant: le charbon est la ressource énergétique dont la consommation augmente le plus vite au monde. La seule Chine a doublé sa consommation de charbon en cinq ans. En partant de là, les auteurs expliquent que si politique climatique et politique de l'électricité sont aussi étroitement liées, c'est parce que les émissions de CO<sub>2</sub>, nocives pour le climat, sont avant tout dues à la production d'électricité ainsi qu'aux transports et à la production de chaleur (pour le chauffage des bâtiments et les procédés industriels). Selon eux, le moyen le plus rapide de réduire les émissions polluantes d'une économie est de faire passer sa production d'électricité à des technologies respectueuses du climat.

Ce livre mérite d'être lu dans la mesure où il analyse en détail et compare les efforts déployés par certains pays pour lutter contre le changement climatique. Ainsi, grâce à un recours accru à l'énergie nucléaire, la Suède a pu réduire de moitié ses émissions de CO<sub>2</sub> entre 1970 et 1990. Une telle démarche revêt de l'intérêt pour la Suisse en ce sens que la Suède s'est lancée dans le nucléaire pour les mêmes raisons qu'elle (protection des eaux et risque de dépendance au pétrole). A contrario, l'Allemagne, dans le cadre de sa transition énergétique, a doublé ses capacités solaires et éoliennes tout en réalisant la sortie de l'atome. Elle a ainsi remplacé une production d'électricité sobre en carbone par une autre et n'a réduit que de façon minime ses émissions de dioxyde de carbone. Les auteurs estiment que la situation se présenterait tout autrement si ce pays avait remplacé ses centrales au charbon par des installations nucléaires. La Suède, quant à elle, a réduit encore davantage ses émissions polluantes en complétant l'épine dorsale de son approvisionnement en électricité, à savoir le nucléaire, par de nouvelles capacités éoliennes. Conclusion des auteurs: pour donner les meilleures chances de réussite à la décarbonisation d'une économie, il faut considérer le

nucléaire comme une énergie partenaire des renouvelables.

### Des arguments pour le débat sur l'abandon de l'atome

Les auteurs traitent également, au fil de nombreux chapitres, les objections formulées à l'encontre de l'atome. Les personnes qui le souhaitent trouveront là des arguments intéressants en lien avec ce débat. Ainsi, les centrales nucléaires fermées au Japon et en Allemagne à la suite de l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi ont été en grande majorité remplacées par des centrales au gaz ou au charbon, engendrant une pollution atmosphérique qui, selon les calculs des auteurs, a provoqué nettement plus de décès que l'accident nucléaire lui-même.

L'analyse économique de la sempiternelle critique selon laquelle l'énergie nucléaire n'est pas concurrentielle par rapport à d'autres formes d'énergie est elle aussi très intéressante. À ce propos, les auteurs font valoir que si le charbon et le gaz sont considérés comme meilleur marché que le nucléaire, c'est parce que le prix de l'électricité n'intègre pas pour l'heure celui des émissions de CO<sub>2</sub>. Ils expliquent en outre de façon convaincante comment l'électricité produite par les centrales au charbon allemandes, bien qu'elle soit nocive pour le climat, a évincé du marché intérieur européen, en tant que produit d'exportation, le courant produit par les centrales nucléaires suédoises.

L'un des auteurs, Joshua Goldstein, étant professeur émérite de relations internationales à l'American University in Washington D.C., l'ouvrage adopte aussi une perspective internationale. Il présente des exemples montrant que la pression exercée par les organisations environnementales a entraîné, à partir de la fin des années 1980, la mise à l'arrêt définitif de centrales nucléaires fonctionnant parfaitement et leur remplacement par des centrales au gaz (gaz méthane). Aujourd'hui, ce sont la chute des prix de l'énergie, la hausse des coûts d'exploitation et les distorsions de concurrence au profit des installations fossiles qui en-

traînent la mise à l'arrêt anticipée de centrales nucléaires. On peut tirer de cet ouvrage des informations utiles pour le débat sur l'avenir énergétique de la Suisse. Les décisions précipitées de mise à l'arrêt d'installations nucléaires entraînent la plupart du temps une hausse des émissions de CO<sub>2</sub> à moyen terme et, par là, une dégradation du bilan climatique du pays concerné. Ce phénomène est illustré par plusieurs exemples.

### Chine, Russie et Inde

Un chapitre entier est consacré aux évolutions que connaissent la Chine, la Russie et l'Inde, entre autres parce que la plupart des nouvelles constructions ont lieu dans ces pays-là. Dans ce contexte, certaines des propositions des auteurs semblent quelque peu visionnaires, voire idéalistes. Par exemple, ils prônent un changement de stratégie assez radical dans la politique nucléaire de la Chine. Pour réduire le nombre de ses centrales au charbon, ce pays devrait selon eux miser sur la production en masse de réacteurs à eau légère déjà développés, car l'accent mis sur les concep-

tions domestiques de réacteurs retarde l'abandon du charbon. Par conséquent, les décideurs chinois devraient également envisager de reprendre des types de réacteur sud-coréens.

En résumé, ce livre est un plaidoyer convaincant en faveur de l'énergie nucléaire. Cette dernière est présentée comme une solution essentielle à la lutte contre le changement climatique. Les auteurs recommandent à tous les pays de se lancer sur la voie d'un équilibrage de leur bilan climatique en recourant à l'atome. Toutefois, en raison de la multitude d'aspects techniques, politiques et économiques traités en quelques pages, l'ouvrage manque parfois de la profondeur nécessaire. (L.A./D.B.)

Joshua S. Goldstein & Staffan A. Qvist (2019). *A Bright Future: How Some Countries Have Solved Climate Change and the Rest Can Follow*. New York: Public Affairs.

ISBN 978-1541724105 (édition reliée)

ISBN 978-1541724112 (livre de poche)



Das Nuklearforum Schweiz steht für die Vorteile der friedlichen Nutzung der Kerntechnik für Mensch und Umwelt. Seit über 60 Jahren unterstützt das Nuklearforum Schweiz als wissenschaftlich-technische Fachorganisation den Meinungsbildungsprozess im Bereich der Kernenergie und trägt als Informations- und Dialogplattform fundiert zur öffentlichen Debatte bei.

**Zur Verstärkung der Geschäftsstelle in Olten suchen wir per 1. November 2021 oder nach Vereinbarung eine/n**

## **Technisch-wissenschaftliche/-n Redaktor/-in 100% (m/w/d)**

### Ihre Aufgaben

- Innerhalb des Kommunikations-Teams als (Fach-)Redaktor/-in primär zuständig für die Themenbereiche Nukleartechnologie und kerntechnische Anwendungen
- Proaktive Recherche und Aufbereitung von weltweiten Informationen und Technologie-Trends für unsere Print- und Online-Kanäle/-Formate (z.B. Fachartikel, Interviews, Website-News, Videos, Podcasts)
- Erstellung von spannendem und zielgruppengerechtem Content
- Management von Kommunikationsprojekten
- Stellvertretung der Chefredaktorin des Verbandsmagazins «Bulletin»
- Mitarbeit im Newsroom-Team
- Unterstützung bei weiteren Verbandsaktivitäten (z.B. Events)

### Ihr Profil

- Hochschulabschluss (Uni/FH) oder gleichwertiger Abschluss, vorzugsweise in naturwissenschaftlicher/technischer Richtung
- 1–2 Jahre Erfahrung im Kommunikations- und/oder Redaktionsumfeld
- Die Fähigkeit, technisch-wissenschaftliche und komplexe Inhalte auch einem breiten Publikum zu vermitteln.
- Stilsicheres Deutsch, sehr gute Französisch- und Englischkenntnisse
- Erweiterte Kenntnisse der MS Office-Palette. Erfahrung in Adobe Creative Cloud und CMS oder Webpublishing von Vorteil

### Unser Angebot

- Interessantes Arbeitsumfeld mit Gestaltungsmöglichkeiten
- Dynamisches Team
- Offene Unternehmenskultur
- Attraktive Anstellungsbedingungen
- Zentraler Arbeitsplatz in Olten, Nähe Bahnhof

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann freuen wir uns auf **Ihre Bewerbung bis 15. Oktober 2021**. Bitte richten Sie Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen per E-Mail ([bewerbung@nuklearforum.ch](mailto:bewerbung@nuklearforum.ch)) an Lukas Aebi, Geschäftsführer, der Ihnen auch für Fragen (Tel.-Nr. 031 560 36 50) gerne zur Verfügung steht.

## L'UDC est-elle déterminée à faire annuler l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires?

En juillet, deux personnalités éminentes de l'Union démocratique du centre (UDC) ont proposé par voie de presse que la Suisse se dote de nouvelles centrales nucléaires. Ces déclarations et les réactions qu'elles ont suscitées ont fait couler beaucoup d'encre. La «*Neue Zürcher Zeitung*» estime que la question mérite d'être posée, quoi qu'en disent les politiciens.

À la mi-juin 2021, un groupe de jeunes spécialistes de l'industrie nucléaire a pris position, dans un Livre blanc intitulé «Énergie nucléaire, climat et sécurité d'approvisionnement», en faveur d'une politique énergétique ouverte à l'ensemble des technologies. Peu de temps après, une parlementaire UDC bien connue a fait un pas de plus.

Dans une interview parue dans le «*Blick*» du 22 juillet, la conseillère nationale Magdalena Martullo-Blocher a non seulement demandé la poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires suisses au-delà de 50 ans, mais elle a aussi préconisé la construction de nouvelles installations. L'interview en question était intitulée «Nous ne pouvons pas nous permettre de tourner le dos à l'énergie nucléaire», et Mme Martullo-Blocher s'y exprimait à propos du changement climatique et de la politique climatique et énergétique de la Suisse, une politique qu'elle voit d'un œil très critique: «Même si tous les projets hydroélectriques imaginables étaient réalisés, la quantité d'électricité qu'ils permettraient de produire ne représenterait qu'une goutte d'eau dans l'océan. De plus, la gauche verte, dans sa volonté de protéger le paysage, bloque depuis des années la seule centrale hydroélectrique en projet.» Comme le Conseil fédéral sait désormais que le développement de la force hydraulique ne suffira pas à couvrir les besoins du pays, il compte importer jusqu'à 40% de notre consommation depuis l'Europe en hiver, explique-t-elle. C'est «totalement irréaliste», car «en matière d'électricité, l'UE a bien plus de problèmes que nous. La moitié de l'électricité européenne est issue du gaz et du charbon. L'UE souhaite désormais sortir de cette situation, mais on ignore encore comment elle produira le courant nécessaire. Il est complètement illusoire de croire que l'UE continuera à approvisionner la Suisse en hiver, saison durant laquelle tout le monde a besoin de plus d'électricité. Il nous faut nous organiser nous-mêmes.» Et de conclure: «Il faut maintenant que Mme Sommaruga prenne ses responsabilités, signale

qu'une pénurie d'électricité s'annonce et résolve le problème. Elle doit déterminer avec les exploitants de centrales nucléaires comment prolonger de manière sûre et efficace la durée d'exploitation des installations existantes. Les experts estiment qu'une prolongation de dix ans serait possible.» Mme Martullo-Blocher ne veut pas de centrales au gaz, «mais malheureusement il n'y a pas d'autre solution. Soit nous importons d'Europe de l'électricité émettrice de CO<sub>2</sub>, soit nous construisons notre propre installation. À plus long terme, les nouvelles technologies telles que la géothermie, l'hydrogène, mais aussi l'énergie nucléaire entreront à nouveau en ligne de compte.» En la matière, nous sommes bien entendu d'accord avec elle, mais nous le sommes moins avec sa dernière affirmation: «Oui, la question de la gestion locale des déchets n'est pas résolue. Des forages sont en cours. Apparemment, les Scandinaves sont prêts à prendre en charge le stockage définitif.»

### Une idée farfelue, absurde, scandaleuse

Il était logique que de telles déclarations suscitent des réactions de la part des collègues de la conseillère nationale – et que le «*Blick*» s'en fasse l'écho. «Pour les Verts, il est <absurde> de demander la construction d'une nouvelle centrale nucléaire». Le conseiller national vert/libéral Martin Bäumle (57 ans) parle d'une «idée farfelue» et la conseillère nationale PS Gabriela Suter (48 ans) d'une idée «scandaleuse», écrit le journal le lendemain de la publication de l'interview. Plus bas, on apprend que «Le conseiller national du Centre Stefan Müller-Altermatt (45 ans) est en partie d'accord avec Mme Martullo-Blocher: «Une pénurie d'électricité est un grand risque». Si la Suisse ne développe pas fortement les énergies renouvelables dans les prochaines années, <nous aurons un sérieux problème>. C'est justement parce que le problème est si sérieux que nous avons été bien inspirés de ne pas écouter l'UDC ces dernières années et de lancer, avec la Stratégie énergétique 2050, un paquet de mesures visant

à permettre un tel développement.» Même Martin Bäumlé n'est pas en désaccord catégorique, estimant que «pour le moment, nous ne pouvons pas nous passer des réacteurs existants. «Je dis depuis 2010 que nous devons malheureusement laisser fonctionner certains d'entre eux, par exemple Gösgen, pendant 60 à 65 ans pour assurer la sécurité de notre approvisionnement en hiver – pour autant qu'ils soient sûrs selon l'état de la technique», déclare le Vert libéral. La Suisse aurait ainsi jusqu'à 2040 ou 2045 pour gérer le passage aux énergies renouvelables et aux nouveaux systèmes de stockage.» Mme Martullo-Blocher reçoit par ailleurs du soutien de ses propres rangs: «La nouvelle stratégie énergétique a échoué. Les objectifs fixés ne pourront pas être atteints, que ce soit pour le photovoltaïque, l'éolien ou la force hydraulique», affirme le conseiller national UDC Christian Imark. «C'est pourquoi l'énergie nucléaire est incontournable. Nous devons donc aborder sans œillères la question de la construction de nouvelles centrales nucléaires».

Eric Nussbaumer, l'un des spécialistes des questions énergétiques au sein du PS, voit bien sûr les choses d'un tout autre œil: «La construction d'une nouvelle centrale nucléaire prendrait 30 ans», argumente-t-il. «En 2050, la nouvelle installation ne contribuerait en rien à la politique climatique ou à la transition énergétique.» Ce que M. Nussbaumer omet de mentionner, c'est que ce n'est pas la construction proprement dite qui prendrait autant de temps: la mise en service serait surtout retardée par les recours et les interventions parlementaires d'opposants notoires aux centrales nucléaires tels que lui.

### Nous disposons déjà d'un système électrique idéal

Dans son article du 24 juillet sur l'énergie nucléaire, la «Neue Zürcher Zeitung» (NZZ) s'abstient de citer des personnalités politiques. Au-delà du style propre à la NZZ, c'est peut-être la raison pour laquelle cet article, intitulé «Est-il encore opportun, aujourd'hui, de renoncer à l'atome?», semble agréablement serein. Bien que la NZZ commence par présenter la construction de la centrale nucléaire de Hinkley Point au Royaume-Uni comme un exemple négatif de dépassements budgétaires et de retards, elle ne passe pas sous silence la question de la fiabilité des centrales nucléaires: «Les quatre centrales nucléaires suisses encore en service fournissent de l'électricité de manière fiable presque 24 heures sur 24 – en moyenne pendant 85% des heures de l'année. Cette production est tout particulièrement précieuse en hiver, lorsque les rivières transportent peu d'eau et que la production hydroélectrique

est donc plus faible qu'en été. Par conséquent, les centrales nucléaires représentent un atout pour la sécurité d'approvisionnement.» Plus bas, les dépassements budgétaires et les retards sont relativisés par les exemples de la Chine et de la Corée du Sud. L'article fait ensuite état des calculs de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), selon lesquels «pour un pays de taille moyenne, un système électrique économiquement optimal, en grande partie neutre sur le plan climatique, c'est-à-dire permettant d'atteindre les objectifs climatiques de Paris,» serait composé d'environ 35% d'énergie solaire et éolienne et de 40% d'énergie nucléaire. Ainsi, la Suisse dispose d'un «système de production d'électricité presque idéal», en ce sens qu'il se situe déjà au niveau souhaité par la communauté internationale en termes de teneur en CO<sub>2</sub>. Et en Suisse, l'énergie nucléaire représente à peu près «la part optimale de l'approvisionnement déterminée par les modèles». Mais la Suisse a décidé d'abandonner progressivement l'énergie nucléaire, tout comme l'Allemagne, la Belgique et l'Espagne, écrit le quotidien, avant de citer la Suède, la Finlande, la France et la Grande-Bretagne comme autant de contre-exemples. Et il se demande «s'il ne faudrait pas réexaminer la question, puisque l'énergie nucléaire est un pilier aussi fondamental d'un approvisionnement en électricité exempt de CO<sub>2</sub>.»

### Primes de fiabilité

Au lieu de reprendre les propos de personnalités politiques, la NZZ pose au P<sup>r</sup> Andreas Pautz, directeur de la division Énergie et sûreté nucléaires de l'Institut Paul Scherrer (PSI), des questions sur la sûreté des réacteurs et les projets de construction à l'étranger. L'article traite également des petits réacteurs modulaires (SMR) et des prix de rachat garantis pour l'électricité (solution adoptée au Royaume-Uni pour Hinkley Point). On reproche à de tels prix d'être une forme de subventionnement, «mais on peut aussi les considérer comme une prime à la fiabilité». Le cercle se referme ainsi sur l'introduction et l'affirmation principale de l'article, selon laquelle la construction de nouvelles centrales nucléaires n'est pas attrayante car «la fiabilité de la production d'électricité n'est guère récompensée». La conclusion de l'article aurait pu être rédigée par nos soins: «Avec ses énergies hydroélectrique et nucléaire, la Suisse dispose d'un mix d'électricité sobre en carbone que lui envie de nombreux pays. Remplacer la production nucléaire d'électricité par des centrales au gaz (potentiellement subventionnées) ou par des importations de courant issu du nucléaire français ou du charbon (si tant est que nous puissions encore importer du courant en hiver) ne saurait donc constituer une preuve de sagesse.»

### Une assurance risques pour 0,3 centime par kilowattheure

Sur la même double page, la NZZ fournit des statistiques détaillées sur la construction et la désaffectation des centrales nucléaires du monde, de même que sur l'évolution au fil du temps de la production mondiale d'électricité nucléaire, sous l'effet notamment des accidents de Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima. Le quotidien zurichois se pose en outre la question de savoir «Combien coûte l'énergie nucléaire». Réponse: quatre à six centimes par kilowattheure (kWh) dans les centrales nucléaires suisses. Sur ce montant, écrit la NZZ, un centime sert à financer le démantèlement des installations et la gestion des déchets. Le journal relève également qu'«on reproche souvent à l'énergie nucléaire d'être indirectement subventionnée parce que les exploitants ne veulent ou ne peuvent pas s'assurer contre un accident majeur». Interrogé à ce sujet, le Pr Andreas Pautz se livre à un calcul des plus intéressants: pour créer un fonds international capable de couvrir les 200 milliards de dollars de dommages causés par l'accident de Fukushima en 25 ans, «il faudrait prélever une taxe de 0,3 centime sur chaque kilowattheure d'électricité nucléaire produit dans le monde». Une telle internalisation des coûts «rendrait donc l'énergie nucléaire un peu plus chère, mais cela ne semble pas être le facteur décisif», conclut le quotidien.

### Un commentaire qui nous réjouit

Un examen aussi fouillé du sujet se devait forcément d'être assorti d'un commentaire. La NZZ n'a pas déçu cette attente avec l'article intitulé «L'énergie nucléaire mérite un regard neuf». Nous aurions aimé le reproduire dans son intégralité, mais, faute de place, n'en reprendrons que les principaux points:

- «L'Allemagne, censée être l'élève modèle, fermera ses derniers réacteurs nucléaires l'an prochain déjà, alors que ses centrales au charbon resteront en service. Une absurdité.»
- «C'est une chose que des pays riches comme la Suisse et l'Allemagne décident de se passer complètement de l'énergie nucléaire. Mais nous devrions nous abstenir de vouloir «éduquer» les pays émergents. En tout cas, si la Chine misait davantage sur le nucléaire au lieu de mettre en œuvre ses nombreux projets de centrales au charbon, le climat y gagnerait beaucoup.»
- «Abandonner le nucléaire certes progressivement, mais aussi vite que possible, n'est pas une bonne

politique, mais une approche de plus en plus passiviste face à l'énorme défi du changement climatique. Il convient au contraire de réexaminer les avantages et les inconvénients de l'énergie nucléaire, qui mérite un regard neuf.»

### Critique du «Tagesanzeiger»

Passons maintenant au «Tagesanzeiger» du 28 juillet et revenons par la même occasion à la politique. Moins d'une semaine après Mme Martullo-Blocher, le conseiller national UDC Albert Rösti renchérit, plaidant lui aussi en faveur de la construction d'une nouvelle centrale nucléaire. Selon le Tagi, il entend profiter de la révision de la loi sur l'énergie pour proposer un amendement à la loi sur l'énergie nucléaire et ainsi annuler l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires. Selon M. Rösti, le risque de pénurie d'électricité «augmentera considérablement avec l'arrêt progressif des centrales nucléaires existantes et le passage croissant à l'énergie électrique. «Les interdictions technologiques n'ont pas leur place dans cet énorme défi.» Commentaire du Tagi: «Le voilà donc, le plan visant à annuler l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires. Un étonnant comeback.» Suit un résumé de ce qui s'est passé depuis Fukushima, des demandes de permis de construire à la décision d'abandon progressif de l'atome. Il est question d'«amis influents du nucléaire», de préparatifs d'une «bataille politique», de l'«agence de relations publiques Burson-Marsteller» opérant dans le monde entier en tant que «force de lobbying pour l'énergie nucléaire», et de l'«organisation de lobbying qu'est le Forum nucléaire», laquelle est «restée active en arrière-plan même après la décision d'abandonner l'atome». Le Tagi mentionne notre Livre blanc ainsi que les arguments des partisans du nucléaire, la sécurité d'approvisionnement et le changement climatique, de même que les petits réacteurs modulaires. Il parle ensuite de la longue durée de planification et de construction des centrales nucléaires, pour conclure que «Les grandes compagnies d'électricité du pays sont très prudentes à l'égard des centrales nucléaires. Ni BKW, ni Axpo, ni Alpiq n'envisagent aujourd'hui d'investir dans de telles installations.»

Reste à savoir si, pour éveiller leur intérêt, il ne faudrait pas d'abord que soit supprimée l'interdiction évoquée plus haut – et à quel point l'UDC est déterminée à atteindre cet objectif. (M.Re./D.B. selon divers articles de presse, juillet 2012)

## Suisse

L'électricité fournie en 2020 (le **mix des fournisseurs suisses**) a été produite à 66% par de grandes centrales hydroélectriques et à 19,9% dans des centrales nucléaires. La part des nouvelles énergies renouvelables (énergie solaire, éolienne, biomasse et petite hydraulique) s'élevait à 10,3% et celle des déchets et des agents énergétiques fossiles s'élevait à 1,9%. Selon l'Office fédéral de l'énergie, la provenance et la composition de 2,1% de l'électricité fournie n'étaient pas vérifiables.

D'après la Commission fédérale de l'électricité (ElCom), des **efforts plus importants** que ceux prévus seront nécessaires pour garantir l'approvisionnement électrique de la Suisse sur le long terme. La dépendance massive à l'égard des importations après la mise hors service des centrales nucléaires entraînera notamment des risques importants.

Aucune valeur inhabituelle n'a été détectée au-dessus des centrales nucléaires de Gösgen et de Mühleberg et aux alentours lors des **mesures aériennes** annuelles de la radioactivité réalisées par la Centrale nationale d'alarme (CENAL).



Pour procéder aux mesures, un hélicoptère Super Puma survole les régions concernées en effectuant des lignes parallèles à 90 m d'altitude.

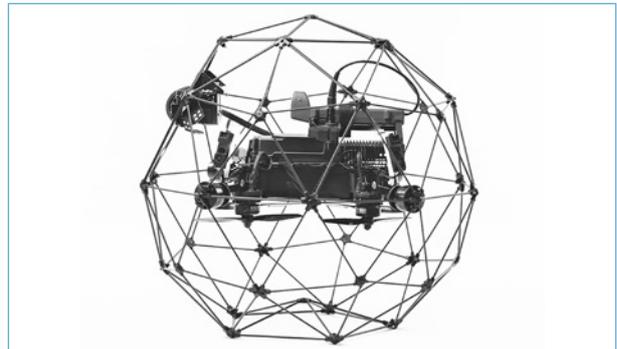
Photo: DDPS/Sina Guntern

Au cours de la révision annuelle 2021, L'exploitante de la centrale nucléaire de **Leibstadt** remplacera à la fois le condenseur et le système de recirculation du réacteur. Les travaux dureront au total 155 jours. Elle remplacera également 80 assemblages combustibles sur les 648 qui composent le cœur du réacteur.

Après 34 jours d'arrêt planifié en raison du changement du combustible et de travaux d'entretien, la centrale nucléaire de **Gösgen** a repris la production d'électricité le 25 juin 2021.

Après avoir procédé au remplacement du combustible et effectué des contrôles et des tests de système ainsi que des travaux de maintenance Axpo a reconnecté au réseau la **tranche 2** de la centrale nucléaire de **Beznau** le 11 septembre 2021.

Le développeur de drones vaudois Flyability vient de lancer Elios 2 RAD, un **drone** à détecteur de radiations qui peut être utilisé pour l'inspection intérieure des centrales nucléaires.



Équipé d'un dosimètre, le nouveau drone Elios 2 RAD se prête tout particulièrement à l'inspection intérieure des installations nucléaires.

Photo: Flyability

Un prototype de détecteur développé et monté à l'Université de Berne est arrivé au laboratoire de recherche américain Fermilab après un voyage de six semaines par camion et bateau. L'«**ArgonCube**» sera testé avant d'être utilisé dans le cadre d'une expérimentation destinée à étudier les neutrinos.



Le prototype de détecteur de neutrinos «ArgonCube» commence son long voyage vers le Fermilab, aux États-Unis.

Photo: LHEP, Université de Berne

## À l'étranger

Une lettre ouverte de l'**industrie nucléaire** a mis en garde les chefs d'État et de gouvernement des nations leader contre le fait que les arrêts de réacteurs rendront impossible la réalisation de l'objectif de réduction des émissions à zéro net. Elle demande un accès égale au financement de la lutte contre les changements climatiques pour l'ensemble des **agents énergétiques pauvres en carbone**, dont l'énergie nucléaire.

Au total, 87 membres du Parlement européen ont appelé la Commission européenne à suivre les avancées scientifiques et à inclure l'énergie nucléaire dans la **taxonomie pour les finances durables**. Ils demandent aux commissaires d'être «suffisamment courageux pour choisir la voie qui leur a été conseillée par leurs experts scientifiques, à savoir: inclure l'énergie nucléaire dans la taxonomie de l'UE».

Le nouveau gouvernement du **Groenland** a mis en consultation un projet de loi qui interdit l'exploration et l'extraction d'uranium sur l'île, et les études préliminaires associées. Il a également décidé de mettre un terme à l'exploration de pétrole et de gaz dans le pays.

Le ministère slovène des Infrastructures a délivré le permis de construire d'une seconde tranche sur le site de **Krško**. La procédure d'autorisation peut désormais être lancée.



**Jernej Vrtovec, ministre slovène des Infrastructures, répond à des questions lors d'une conférence de presse sur l'autorisation de construction d'une seconde tranche nucléaire.**

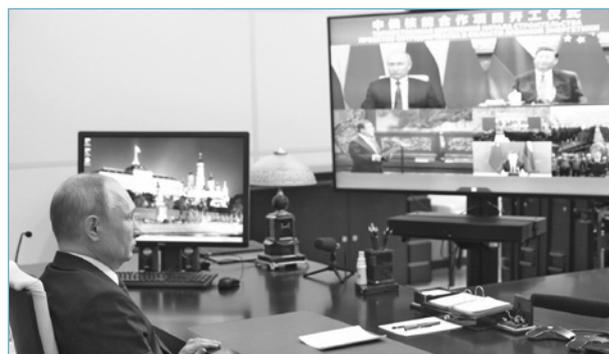
Photo: MZI

Le coulage du premier béton a lancé officiellement la construction de la tranche **Kudankulam 5**, dans l'État indien de Tamil Nadu, à la pointe sud du pays.

La construction de la tranche du type VVER-1200 **Xudabao 3**, dans la province de Liaoning (nord-est de la Chine), a officiellement débuté le 28 juillet 2021 avec le coulage du premier béton.

La Nuclear Power Plants Authority (NPPA) a remis à l'autorité de sûreté nucléaire égyptienne la documentation qui doit permettre d'autoriser la construction des tranches **El-Dabaa 1 et 2**.

Le président chinois Xi Jinping et son homologue russe Vladimir Poutine ont participé au lancement des travaux de construction de la tranche du type russe VVER-1200 **Tianwan 7** par visioconférence.



**Le président russe Vladimir Poutine suit la cérémonie en visioconférence.**

Photo: Gouvernement russe

La tranche du type APR-1400 **Barakah 2** a généré pour la première fois une réaction en chaîne autoentretenu. →



**Barakah 2 – la deuxième tranche nucléaire des EAU – a divergé le 27 août 2021.**

Photo: EneC

Dans la province chinoise de Shandong, le réacteur de démonstration haute température à lit de boulets Shandong Shidaowan **HTR-PM** – aussi appelé «High-Temperature Gas-Cooled Reactor – Pebble Bed Module» – a été chargé en combustible pour la première fois le 21 août 2021.



Premier chargement en combustible du HTR-PM.

Photo: China Huaneng Group

China National Nuclear Corporation (CNNC) a mis en service commercial la tranche du type CNP-1000 **Tianwan 6**, dans la province chinoise du Jiangsu, et a été mise en service.

La tranche de type ACPR-1000 **Hongyanhe 5** dans la province chinoise de Liaoning est également entrée en service commercial le 31 juillet 2021.

Teollisuuden Voima Oyj et le fournisseur de réacteurs Areva-Siemens sont parvenues à un accord concernant les conditions de l'achèvement du projet EPR finlandais **Olkiluoto 3**. La production d'électricité commerciale est prévue pour février 2022.

La Tennessee Valley Authority (TVA) souhaite exploiter ses trois tranches nucléaires **Browns Ferry** pendant 80 ans. Elle prévoit de remettre d'ici fin 2023 à l'autorité de sûreté nucléaire américaine (NRC) une demande de deuxième prolongation d'exploitation

Exelon Generation a soumis à l'autorité américaine de sûreté nucléaire (NRC) des plans de désaffectation pour les centrales nucléaires de **Byron** et **Dresden**. L'entreprise explique sa décision par l'inaction des autorités en matière de législation sur les énergies propres.

Florida Power and Light Corporation (FP&L) a présenté à l'autorité américaine de sûreté nucléaire (NRC) une demande de deuxième prolongation de l'exploitation de **St. Lucie** portant sur 20 années supplémentaires.

L'entreprise étatique ukrainienne Chernobyl Nuclear Power Plant ayant obtenu l'autorisation nécessaire à la mise en service de la nouvelle enceinte de confinement, le projet de démantèlement de l'ancien sarcophage en béton de **Tchernobyl 4** peut débuter.



La nouvelle enceinte de confinement autour de la tranche 4, détruite, de Tchernobyl est entrée en exploitation normale.

Photo: Banque européenne pour la reconstruction et le développement

L'autorité américaine de sûreté nucléaire (NRC) a accepté d'étudier la demande déposée par Duke Energy Carolinas portant sur une deuxième prolongation du permis d'exploitation de 20 ans pour la centrale nucléaire **Oconee**.

L'autorité de sûreté nucléaire américaine, la NRC, a accédé à la demande de Centrus Energy Corp. concernant la modification de l'autorisation de production d'**HALEU** (High-Assay Low Enriched Uranium) dans l'American Centrifuge Plant (ACP) près de Piketon, dans l'État de l'Ohio. L'ACP devient ainsi la seule installation américaine à pouvoir fabriquer du combustible enrichi jusqu'à 20%.

D'après des informations de China National Nuclear Corporation (CNNC), la construction du réacteur de démonstration du type ACP100 – également appelé **Linglong One** – a été lancée le 13 juillet 2021. Le site du petit réacteur modulaire (Small Modular Reactor, SMR) se trouve sur le terrain de la centrale de Changjiang, dans la province insulaire autonome de Hainan, dans le sud du pays.

La tranche nucléaire taiwanaise **Kuosheng 1** a été définitivement déconnectée du réseau le 2 juillet 2021 – six mois avant la mise à l'arrêt prévue – en raison de capacités de stockage insuffisantes pour les assemblages combustibles usés.

China National Nuclear Corporation (CNNC) a lancé un projet de démonstration portant sur la fourniture de **chaleur à distance** par la centrale nucléaire de **Qinshan**. Avec ce projet, l'entreprise entend «offrir une solution nucléaire au problème de chauffage qui touche le sud de la Chine».



La centrale nucléaire de Qinshan, composée de sept tranches, fournira également de la chaleur à distance.

Photo: CNNC

Le projet international «Rhisotope» étudie l'injection de quantités infimes d'**isotopes radioactifs** dans la corne des **rhinocéros**. Cet ajout la rendra facilement détectable par les milliers de capteurs de radiation déjà installés dans les ports d'entrée du monde entier.



Utilisation de substances légèrement radioactives pour lutter contre le braconnage de rhinocéros.

Photo: Jessica Shuttleworth/Wits

Le centre de recherche nucléaire (SCK CEN) et la spécialiste belge de l'aéronautique Sabca ont développé une technologie innovante qui utilise des **drones** pour des mesures radiologiques.



Présentation de la technologie de drone à la ministre belge de l'Intérieur, Annelies Verlinden. Le détecteur à scintillation a été couplé au drone en sa présence.

Photo: SCK CEN

L'énergéticien public suédois **Vattenfall** a conclu un accord avec la start-up estonienne **Fermi Energia** afin de devenir actionnaire minoritaire de l'entreprise. Fermi Energia est intéressée par l'utilisation de petits réacteurs modulaires (Small Modular Reactors, SMR) en Estonie.

Le premier module de la bobine centrale du transformateur du réacteur thermonucléaire expérimental international (**Iter**), aussi appelé **solénoïde central**, a été chargé sur un cargo à Houston. Il est attendu sur le site d'Iter, à Cadarache (France), en septembre. →



Le module de 110 tonnes a été chargé sur le cargo Ocean Grand le 7 juillet 2021.

Photo: US Iter

Le premier béton du **centre bolivien de recherche et de technologie nucléaire** a été coulé le 26 juillet 2021, ce qui lance officiellement le projet auquel participe la Russie.



**Luis Alberto Arce Catacora, président bolivien, et Kirill Komarov, premier directeur général adjoint pour le Développement de l'entreprise et les Affaires internationales de Rosatom, ont assisté à la cérémonie de lancement de la construction du centre de recherche et de technologie nucléaire d'El Alto, en Bolivie.**

Photo: Rosatom

Les entreprises sud-coréennes Samsung C&T Corporation et Doosan Heavy Industries & Constructions ont décidé d'investir dans le **SMR de NuScale Power**.

L'University of Illinois at Urbana-Champaign a remis à l'autorité américaine de sûreté nucléaire (NRC) une déclaration d'intention portant sur la construction d'un **micro-réacteur modulaire** développé par Ultra Safe Nuclear Corporation.

United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA) a retenu 15 sites potentiels susceptibles d'accueillir le Spherical Tokamak for Energy Production (**STEP**) – le prototype de l'installation de fusion britannique. La décision définitive concernant le site d'implantation devrait être prise avant fin 2022. (M.A./C.B./D.B.)

► *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.ebulletin.ch](http://www.ebulletin.ch).*

## Hans Rudolf Lutz

Ancien directeur de la centrale nucléaire de Mühleberg



## La deuxième ère nucléaire

En dehors de pays comme la Suisse ou l'Allemagne, qui veulent abandonner l'atome à court ou moyen terme, le développement de la technologie nucléaire se poursuit. Ce sont précisément les enseignements tirés de l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi qui ont mené à l'avènement d'une deuxième ère nucléaire, propre en particulier à soutenir les efforts des pays en matière de protection du climat.

### Bref retour sur la première ère nucléaire

Dans son livre «The First Nuclear Era», publié en 1994, le pionnier américain du nucléaire Alvin M. Weinberg décrit le rôle joué par les États-Unis dans la construction de la première grande série de réacteurs nucléaires. Il s'agissait des deux types de réacteurs à eau légère que sont le réacteur à eau sous pression (PWR) et le réacteur à eau bouillante (BWR). Avec les réacteurs à eau lourde canadiens et les réacteurs au graphite britanniques, ils appartenaient à la génération II, comme on l'appelle aujourd'hui.

Les réacteurs à eau légère américains ont été construits dans les années 1960 à 1990. Parmi eux figurent quatre des cinq tranches nucléaires dont s'est dotée la Suisse: Beznau 1 et 2, Mühleberg et Leibstadt (la centrale de Gösgen est basée sur un réacteur d'origine allemande).

En 1990, on dénombrait plus de 100 de ces réacteurs aux États-Unis, 58 en France (un développement domestique basé sur des licences) et 54 au Japon.

Alvin Weinberg considère le début des années 1990 comme la fin de la première ère nucléaire. Par la suite, plus aucun réacteur de génération II n'a été construit, en raison des accidents nucléaires de Three Mile Island et de Tchernobyl ainsi que de l'opposition croissante de l'opinion publique aux États-Unis.

Il convient encore de relever que la durée d'exploitation, initialement limitée à 40 ans aux États-Unis, a été portée à 60 ans par l'autorité de sûreté nucléaire (NRC) pour les centrales encore en service dans ce pays, et même à 80 ans pour quatre d'entre elles. Cela signifie que des centrales nucléaires équipées de réacteurs de génération II seront encore en service après 2060!

### Le développement des réacteurs de génération III et III+.

Sur la base des enseignements tirés de l'accident nucléaire de Three Mile Island et d'une série d'autres défaillances, les constructeurs de réacteurs de différents pays ont poursuivi le développement des types de réacteurs de génération II pour en faire de nouveaux types connus sous le nom de génération III et génération III+, et présentant les nouvelles caractéristiques suivantes:

- La probabilité d'un accident avec fusion du cœur a été réduite de  $10^{-4}$  à  $10^{-7}$ .
- Le cœur en fusion, aussi appelé corium, est refroidi dans le réacteur lui-même de telle manière qu'il reste à l'intérieur, ou bien, après avoir transpercé la cuve, il est collecté à l'aide d'un récupérateur de corium pour être refroidi tout en étant maintenu à l'intérieur de l'enceinte de sécurité. Dans les deux cas, l'environnement n'est pas affecté, ou ne l'est que dans une mesure très limitée.
- Les autres innovations concernent principalement les aspects économiques. Il s'agit notamment d'un

meilleur rendement thermique, d'une durée d'exploitation plus longue (60 à 80 ans) planifiée dès le départ, d'un taux de combustion plus élevé et de coûts d'enrichissement plus bas pour le combustible, ainsi que d'un abaissement des coûts de fabrication (construction modulaire).

Les principaux initiateurs et utilisateurs de ces innovations sont la Chine, la Corée du Sud, la France et la Russie. Les États-Unis ont surtout participé à l'enrichissement de l'uranium (par des installations de centrifugation plutôt que de diffusion). Ils se sont en outre concentrés sur le développement de nouveaux petits réacteurs, les SMR (Small Modular Reactors, petits réacteurs modulaires). Une première série de SMR doit être mise en service à l'Idaho National Laboratory avant la fin des années 2020.

### La deuxième ère nucléaire

Il n'est pas exagéré d'affirmer qu'aujourd'hui, le choc de l'accident nucléaire de la centrale japonaise de Fukushima-Daiichi ayant été surmonté, la deuxième ère nucléaire a commencé.

À part l'Allemagne, la Belgique et la Suisse, aucun pays au monde n'a opté pour un «tournant énergétique» consistant à abandonner l'énergie nucléaire au profit d'une production d'électricité dite exclusivement renouvelable. Si j'écris «dite renouvelable», c'est que l'essentiel des panneaux solaires, on le sait, est produit en Chine à grand renfort d'énergie grise issue de centrales au charbon.

Aujourd'hui, pas moins de 20 pays disposent déjà de centrales nucléaires de génération III/III+ en projet, en construction ou en service. Ils sont énumérés dans le tableau ci-après.

### La nécessité de protéger le climat, un facteur d'accélération de la deuxième ère nucléaire

Pour les politiciens verts, le consensus est que la production d'électricité à l'aide d'énergie éolienne, photovoltaïque et éventuellement hydroélectrique est le seul mode de décarbonisation viable. L'énergie nucléaire reste inacceptable à leurs yeux. Un seul pays au monde adhère strictement à cette philosophie: l'Allemagne. Du moins, c'est ce que nous disent les médias grand public. Cependant, notre grand voisin du nord s'apprête, à partir de la fin de l'année environ, à importer à grande échelle du gaz naturel russe issu du gazoduc North Stream II. Cela ne semble déranger personne, alors même que le gaz naturel est composé à 93% de méthane (CH<sub>4</sub>), un gaz dont l'effet de serre est entre 25 et 80 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>! Même avec des

fuites minimales sur ce gazoduc long de plusieurs milliers de kilomètres, la production d'électricité à partir du gaz naturel qu'il transporte sera presque aussi nuisible au climat que le pétrole (25% meilleur que le charbon). Il est donc d'ores et déjà évident que l'Allemagne ne sera jamais en mesure d'atteindre les objectifs de l'accord de Paris en matière de CO<sub>2</sub>!

Il est heureux que contrairement à la Suisse, la Pologne, par exemple, ne suive pas l'imposture allemande du «tournant énergétique» et veuille, sur le long terme, faire évoluer vers le nucléaire sa production d'électricité, qui repose actuellement à 60–70% sur le charbon. Quant à la République tchèque, elle a récemment pris contact avec le Sud-Coréen Kepeco en vue de bâtir une nouvelle centrale nucléaire sur le site de Dukovany. La réussite de la construction, pilotée par cette entreprise, de la centrale nucléaire de génération III qu'est Barakah l'a encouragée à franchir ce pas.

Comme en Pologne et en République tchèque, de plus en plus de voix s'élèvent de par le monde pour souligner le potentiel de l'atome dans la décarbonisation. Citons notamment le gouverneur de l'État américain du Wyoming, Mark Gordon, très représentatif de ce courant de pensée: «L'énergie nucléaire est la voie la plus rapide et la plus claire dont nous disposons pour atteindre la neutralité carbone.»

Les articles sur la construction de nouvelles centrales nucléaires publiés en juillet 2021 par l'agence internationale d'information sur l'énergie nucléaire NucNet montrent également que la deuxième ère nucléaire est en plein essor:

- en Chine, la construction du SMR Linglong 1 a été lancée;
- en Pologne, un coup d'accélérateur sera donné au projet de première centrale nucléaire du pays;
- en Égypte, la demande de permis de construire pour les réacteurs El-Dabaa 1 et 2 a été déposée auprès de l'autorité de surveillance;
- au Brésil, un consortium dirigé par Tractebel va aider à l'achèvement d'Angra 3.
- en Slovénie, le permis de construire une deuxième tranche sur le site de Krško a été délivré;
- en Corée du Sud, une autorisation de mise en service sous condition a été octroyée pour la tranche Shin-Hanul 1.

### Les réacteurs de génération III et III+

(État au 15.9.2021)

Pays	En service	En construction	En projet
Argentine			1
Bangladesh		2	
Biélorussie	1	1	
Bulgarie	2		
Chine	14	13	36
Corée du Sud	3	4	
Égypte			4
Émirats arabes unis	2	2	
États-Unis		2	2
Finlande		1	1
France		1	
Grande-Bretagne		2	4
Hongrie			2
Inde		3	6
Iran	1	1	
Japon	4	2	9
Pologne			6
République tchèque			2
Russie	4	3	11
Turquie		3	1
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>40</b>	<b>85</b>

Les tranches Olkiluoto 3 en Finlande et Flamanville 3 en France, toutes deux en construction depuis plus de 15 ans, sont inlassablement citées par les politiciens d'idéologie verte comme des exemples de la très

longue durée de construction et du coût pharaonique des réacteurs de génération III. On passe sous silence, par exemple, la success story de la grande centrale de Barakah à Abu Dhabi (EAU) au bord du golfe Persique, qui compte quatre réacteurs de 1450 MW. Elle est construite pour le prix de 20,4 milliards de dollars américains par un consortium dirigé par la compagnie d'électricité sud-coréenne Kepco. Barakah 1 a été mise en service commercial le 6 avril 2021 et Barakah 2 est entrée en service le 14 septembre 2021, tandis que les travaux de construction de Barakah 3 et 4 touchent à leur fin.

Les SMR évoqués plus haut appartiennent eux aussi clairement à la deuxième ère nucléaire. Ils seront probablement utilisés principalement dans des zones à faible densité de population très éloignées des grandes villes ainsi que dans les pays en développement. Leur principal atout est que la fonte du cœur peut être complètement exclue pour des raisons physiques!

#### Évolution possible de la deuxième ère nucléaire

La Chine a publié son nouveau plan quinquennal en juin 2021. Elle prévoit d'augmenter de 20'000 MW les capacités nucléaires civiles installées sur son territoire. Avec cet objectif, l'Empire du Milieu renforce sa position de leader de la deuxième ère nucléaire. Le programme américain de développement de SMR est très en retard par rapport aux plans chinois. En outre, il est trop chiche pour permettre d'atteindre l'objectif «Make America Great Again».

En deuxième et troisième position, on peut placer la Russie et l'Inde. La Russie s'est déjà fortement engagée dans l'exportation de centrales nucléaires de génération III (Biélorussie, Chine, Égypte, Finlande, Inde, Iran, Turquie) et souhaite continuer à développer ce secteur grâce aux revenus du gaz naturel. L'Inde emprunte une voie particulière. C'est le pays qui possède les plus grands gisements de thorium. Comme l'uranium 238, l'isotope thorium 232 n'est pas fissile, mais il peut être transformé en uranium 233, qui lui est fissile, dans un surgénérateur de génération IV, par exemple. L'objectif à long terme de l'Inde est d'assurer ainsi son approvisionnement énergétique pour des milliers d'années.

Parmi les viennent-ensuite de ce classement, il convient en premier lieu de citer la France. Avec son concept de réacteur EPR de génération III, elle joue également dans la cour des grands, malgré les importantes difficultés initiales rencontrées dans la construction des tranches Olkiluoto 3 (Finlande) et Flamanville 3

(France). La Grande-Bretagne, qui doit remplacer son parc nucléaire vieillissant, construit actuellement deux tranches EPR sur le site de Hinkley Point C. En Chine, les tranches EPR Taishan 1 et 2 ont été achevées en huit et neuf ans respectivement. On peut supposer qu'en France, le remplacement des centrales nucléaires vieillissantes de la génération II se fera par des installations de type EPR. Par ailleurs, l'EPR sera probablement exporté dans d'autres pays si les premières années d'exploitation se déroulent bien.

Les mêmes considérations s'appliquent à la Corée du Sud. La réussite de Barakah encouragera certainement des pays autres que la République tchèque à demander des offres. Ce pourrait notamment être le cas de l'Australie si un nouveau gouvernement réalise que le pays peut utiliser ses importants gisements d'uranium sur son territoire au lieu de s'en servir exclusivement pour gagner de l'argent par le biais de l'exportation. L'Australie pourrait ainsi décarboner son approvisionnement en électricité, extrêmement dépendant du charbon, et apporter par là sa contribution à la sauvegarde de la Grande Barrière de Corail.

Bien sûr, on peut aussi imaginer une remise en question aux États-Unis. Un président ou une présidente avisé·e pourrait se rappeler que les Américains ont été les pionniers de la première ère nucléaire et que leurs capacités techniques et industrielles seraient suffisantes pour rattraper ce qui est aujourd'hui clairement un retard. Une motion parlementaire en ce sens – la loi sur le leadership en matière d'énergie nucléaire – a été approuvée après examen par les deux chambres, mais est restée lettre morte jusqu'à présent.

Et où en sommes-nous en Suisse? À la suite de l'interview de la conseillère nationale Magdalena Martullo-Blocher diffusée le 22 juillet sur «Blick TV», les opinions favorables à la construction de nouvelles centrales nucléaires, qui se propagent depuis quelque temps dans différents milieux, ont atteint un nouveau sommet.

Si l'interdiction de construire de nouvelles centrales nucléaires était levée, l'un des projets déjà établis (Beznau 3, Gösgen 2 ou Mühleberg 2) pourrait ressortir des tiroirs, et les portes de la deuxième ère nucléaire s'ouvriraient à la Suisse également.

Deux objectifs sont au premier plan: un approvisionnement en électricité suffisant en tout temps et des émissions de CO<sub>2</sub> nulles à l'horizon 2050. La stratégie du «tournant énergétique» ne permettra pas de les at-

teindre. L'énergie nucléaire est indispensable, surtout pour l'approvisionnement électrique en hiver, saison durant laquelle le photovoltaïque n'est nulle part suffisant. Il nous faut donc une loi sur l'énergie nucléaire qui favorise la construction de nouvelles centrales au lieu de l'interdire. À l'exemple des 20 pays qui figurent dans le tableau de la page 32.

**Hans Rudolf Lutz** a achevé ses études de physique en 1961 pour ensuite faire une thèse sur des expériences de physique des réacteurs à l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs de l'époque. Après un séjour aux États-Unis consacré à la recherche, il a d'abord été chargé de constituer l'équipe d'exploitation de la centrale nucléaire de Mühleberg, alors en construction, puis est devenu le premier directeur de l'installation. Il a ensuite été engagé par Brown, Boveri & Cie AG (BBC) comme chef de la planification du groupe Amérique du Nord, puis comme chef des ventes pour la Suisse. En 1987, il a rejoint la direction d'Aare-Tessin SA (Atel). De 1991 à 2001, il a été chef de projet pour la construction du Centre de stockage intermédiaire pour déchets radioactifs de Würenlingen (Zwilag). Il a également exercé des mandats politiques: il a été membre du Grand Conseil du canton de Berne de 1978 à 1987 et membre du Grand Conseil du canton de Soleure de 1997 à 2013.

#### Sources:

Alvin M. Weinberg (1994): *The First Nuclear Era – The Life and Times of a Technological Fixer*.

ISBN 978-1563963582

Nucleopedia:

Génération III (<https://de.nucleopedia.org>)

NucNet: «New Build Monthly» du 27 juillet 2021

Émission de Blick-TV du 22 juillet 2021: Mme Martullo-Blocher plaide en faveur de la construction d'une nouvelle centrale nucléaire

#### Remerciements

Merci à M. Hans Achermann d'avoir relu le manuscrit en lui apportant un certain nombre de corrections et d'ajouts utiles.

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

## Mais qui est-ce qui rêve ici?

Il fallait bien que cela sorte: Magdalena Martullo-Blocher ayant appelé publiquement à la construction de nouvelles centrales nucléaires, il était évident que la fameuse formule «Non mais tu rêves\*», prononcée dans la vidéo «Seven Thinking Steps», allait refaire surface quelque part. Grâce à un bref commentaire paru dans la «Sonntagszeitung» du 25 juillet 2021 (voir plus bas), cette attente n'a pas été déçue, nous donnant ainsi le point de départ de cette chronique.

Si l'on poussait ce raisonnement jusqu'à sa conclusion logique, on ne pourrait plus construire aucune centrale électrique. Il ne resterait plus qu'à s'enfoncer la tête dans le sable et à prier ou espérer un miracle. Car nous ne connaissons pas de centrale électrique qui ne soit pas, à un moment ou un autre, à l'arrêt pour une raison quelconque. Les centrales thermiques doivent toutes être révisées ou rechargées en combustible. Et, caprices de la météo obligeant, les installations solaires et

éoliennes ne fonctionnent pas en permanence. D'après les dernières vérifications que nous avons effectuées, ce sont encore les centrales nucléaires qui ont la disponibilité la plus élevée. En la matière, elles font mieux que les centrales au gaz et au charbon et plusieurs fois mieux que les éoliennes et les panneaux solaires.

Et si l'on se penche plus en détail sur le sujet, on s'aperçoit que les réacteurs Candu canadiens fonctionnent pendant plusieurs années sans interruption. Quant aux petits réacteurs modulaires, mieux connus sous le nom de SMR, ils peuvent fournir de la chaleur et de l'électricité pendant des années, voire des décennies, sans être rechargés. Grâce à leur structure modulaire, on peut même définir leurs cycles du combustible de telle sorte qu'un seul d'entre eux soit arrêté à la fois. En matière de sécurité d'approvisionnement, c'est le rêve! (M.Re./D.B. d'après un article de la Sonntagszeitung du 25 juillet 2021)

## Centrales nucléaires Non mais tu rêves!

Magdalena Martullo-Blocher voudrait construire une nouvelle centrale nucléaire pour garantir notre approvisionnement en électricité. Le hic, c'est que cela ne résoudrait pas le problème. Une nouvelle centrale nucléaire serait aussi puissante que quatre centrales au gaz. Si elle devait se retrouver à l'arrêt, il y aurait un gigantesque trou dans notre approvisionnement en énergie. Un risque énorme! Il nous faudrait donc disposer de centrales électriques de réserve, capables de prendre le relai pendant plusieurs jours voire semaines. Il n'existe qu'un scénario réaliste qui nous garantisse les capacités nécessaires: une intégration étroite de la Suisse dans le marché européen de l'électricité. Cette intégration est impossible sans un rapprochement avec l'UE, rapprochement dont Mme Martullo-Blocher ne veut à aucun prix. C'est pourquoi nous la renvoyons sans remords à sa fameuse formule: Non mais tu rêves!

(Traduction du commentaire de Jürg Meier dans la Sonntagszeitung du 25 juillet 2021)

\*N.d.T.: Traduction libre de la formule «You Dreamer, Du!» de la version allemande de la vidéo.

## Cinquième Rencontre du Forum

La 5<sup>e</sup> Rencontre du Forum de l'année 2021 se déroulera le mercredi **6 octobre** à Zurich. À l'occasion de cette première manifestation organisée à nouveau en présentiel depuis le début de la crise sanitaire, Anna Veronika Wendland, docteure en histoire, présentera un exposé intitulé: «Crise climatique et avenir de la société industrielle – avons-nous besoin d'un nouveau débat sur l'énergie nucléaire?»

## Cours de formation continu du Forum nucléaire suisse

«L'humain en tant que facteur de sécurité – interaction entre l'homme, la technologie et l'organisation»

Judi **2 décembre**, au Trafo de Baden

Vendredi **3 décembre**, journée de pratique facultative au centre HRO d'Aarau

[www.nuklearforum.ch/wbk-2021](http://www.nuklearforum.ch/wbk-2021)

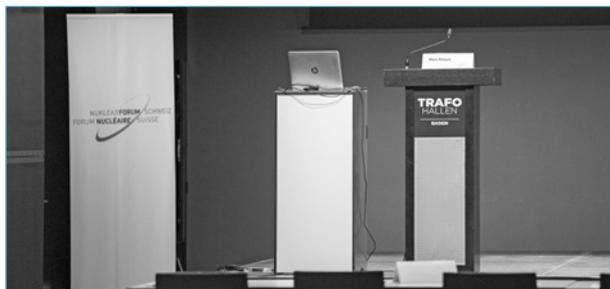


Photo: Forum nucléaire suisse

## Nouvel épisode du podcast «NucTalk»

Dans le sixième épisode du podcast NucTalk, nos deux invités abordent le rôle que sera amené à jouer l'énergie nucléaire dans le cadre des efforts déployés pour la protection du climat.

[www.nuklearforum.ch/podcast](http://www.nuklearforum.ch/podcast)

## Visite du Palais fédéral 2021

Découvrez le Palais fédéral comme vous ne l'avez jamais vu, et plongez au cœur de la vie politique suisse. La manifestation, réservée à nos membres, aura lieu le lundi **13 décembre** de 17h à 22h.



Photo: Services du Parlement, 3003 Berne

## 13<sup>e</sup> séminaire de base de la SOSIN

La Société suisse des ingénieurs nucléaires (SOSIN) prévoit d'organiser son séminaire de base sur l'énergie nucléaire du **5 au 7 octobre 2021** à Macolin. 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](http://www.kernfachleute.ch)



Photo: SOSIN

► *La tenue des manifestations dépendra de l'évolution de la situation liée au coronavirus et des conditions en vigueur à ce moment-là.*