



Conexão
Nuclear

Année **06**
N° **23**
Jui. 2025

Médecine nucléaire

Défis et opportunités

Temps forts du NT2E

Découvrez les faits marquants du principal événement du secteur

RSM en milieu maritime

Le Brésil mise sur une régulation stratégique pour garantir la sûreté sans freiner l'innovation

Décarbonation de l'Amazonie légale

À la recherche d'une solution plurielle : RSM, hybridation et dialogue institutionnel

Entretien avec le député Arnaldo Jardim

La trajectoire du nucléaire au Brésil exige un dialogue technique,
de la transparence et une vision stratégique

ABDAN

Équipe éditoriale

PRÉSIDENT

Celso Cunha

VICE-PRÉSIDENT

Alexandre Honaizer

VICE-PRÉSIDENT

Ivan Alexandrovich Dybov

VICE-PRÉSIDENT

Paulo Coelho

VICE-PRÉSIDENT

Stephen McKinney

DIRECTEUR TECHNIQUE

Leonam dos Santos Guimarães

CONSEIL CONSULTATIF

PRÉSIDENT

Paulo Massa

VICE-PRÉSIDENT

Giacomo Staniscia

MEMBRES

Carlos Seixas

Charles Buldrini Filogonio

Luiz Celso

Manoel Ribeiro

Newton Costa

Pedro Litsek

Pedro Moreira

Sibila Grallert

Conexão Nuclear est une publication de l'ABDAN

RÉDACTRICE EN CHEF

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

REPORTAGES

Larissa Haddock Lobo - 0042346/RJ

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

RESPONSABLE DU MARKETING ET DE LA COMMUNICATION

Cristiane Pereira

RESPONSABLE DU DESIGN

Lucas do M. N. Cunha

CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Roman Atamanczuk

INFOGRAPHIE

Lucas Gomes

PHOTO DE COUVERTURE

Bia Ribeiro

ÉDITION ET RÉVISION

Kelli Gonçalves

ABDAN

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES NUCLEARES

AV. RIO BRANCO, 122, 16º ANDAR - CENTRO

RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL

CEP: 20.040-001

+55 (21) 2262-6587

🌐 WWW.ABDAN.ORG.BR

SUGGESTIONS ET QUESTIONS

ABDAN@ABDAN.ORG.BR

Sommaire

11

COUVERTURE

Entretien avec le député Arnaldo Jardim

Le parlementaire analyse les obstacles et les opportunités de l'expansion de l'énergie nucléaire au Brésil et défend un nouveau cadre législatif pour le secteur.

04

Éditorial

Unis pour faire avancer le Programme Nucléaire brésilien

05

Nucléaire et agenda climatique

Propositions pour accroître la part du nucléaire dans le mix électrique brésilien

07

Temps forts du NT2E

Tout ce qu'il faut savoir sur le principal événement du secteur

09

Défis de la médecine nucléaire

Les principaux goulets d'étranglement rencontrés par le secteur au Brésil

13

Intelligence artificielle dans l'industrie nucléaire

Croisement entre technologie, data centers et demande énergétique

15

Nouveau cadre réglementaire

Une législation claire et moderne est indispensable au Brésil

17

Décarbonation de l'Amazonie légale

Besoin de solutions techniques, de vision stratégique et de coordination institutionnelle

19

Réforme du secteur électrique

Opportunités et obstacles pour le nucléaire dans ce contexte

21

SMR en mer

Trouver l'équilibre entre sécurité et allègement des contraintes réglementaires

24

Publireportage

Rosatom

UNIS POUR FAIRE AVANCER LE PROGRAMME NUCLÉAIRE BRÉSILIEN



À la lecture de cette édition de Conexão Nuclear, un message central s'impose clairement : le secteur nucléaire brésilien est en mouvement et continue de progresser avec cohérence, dialogue et vision d'avenir. Chaque page de cette revue en est la preuve. Malgré les obstacles encore rencontrés par certains projets, comme Angra 3 — dont l'arrêt reflète une mauvaise gestion et non un manque de potentiel —, l'agenda nucléaire national progresse sur de multiples fronts.

Les pages qui suivent abordent des thématiques en phase avec le moment présent : le renforcement institutionnel du secteur, l'élaboration d'une législation moderne, l'élargissement du débat sur les petits réacteurs modulaires (SMR), l'avancement de la décarbonation de l'Amazonie légale, les enjeux et opportunités de la médecine nucléaire, l'impact de la réforme du secteur électrique et les contributions au Plan Climat. Autrement dit, il ne s'agit pas seulement d'un regard sur le présent — mais bien d'un engagement actif dans la construction de l'avenir.

Tout cela s'inscrit dans l'expérience vécue au NT2E, le plus grand événement jamais organisé par le secteur nucléaire brésilien. Plus de 3 000 participants, 147 institutions impliquées, des représentants de l'industrie, de la recherche, du secteur électrique, du gouvernement et d'organismes internationaux comme l'AIEA. Un événement porteur d'un message clair : l'énergie nucléaire est essentielle à la tran-

sition énergétique et au développement du Brésil — une conviction partagée par de nombreux secteurs de la société.

Au-delà des chiffres impressionnants, le NT2E a incarné une convergence d'idées et d'objectifs. Il a montré que le nucléaire est bel et bien stratégique. Et que son expansion ne dépend pas uniquement de grands chantiers, mais d'un écosystème renforcé, d'une régulation efficace, d'une innovation technologique et, surtout, de la collaboration entre les acteurs publics et privés.

C'est pourquoi l'éditorial de cette édition est avant tout un message de progrès. D'unité. De confiance dans tout ce qui est en train d'être construit — avec responsabilité, rigueur technique et dialogue. L'ABDAN œuvre sans relâche pour rapprocher le secteur nucléaire de la société, du Congrès national, des agences de régulation et du monde économique. L'entretien avec le député Arnaldo Jardim, par exemple, montre à quel point le pouvoir législatif se positionne comme un partenaire pour ouvrir des voies et garantir la sécurité juridique du secteur.

Même les sujets sensibles, tels que les difficultés de la médecine nucléaire ou l'impact de la réforme du secteur électrique, sont ici abordés avec transparence et un véritable engagement en faveur de solutions. Nous montrons aussi que le débat sur les SMR progresse, y compris dans des contextes innovants comme la régulation maritime — une orientation qui place le Brésil à la pointe de l'utilisation civile des technologies nucléaires.

Dans ce contexte, nous réaffirmons : Angra 3 est un projet important, mais le secteur nucléaire brésilien va bien au-delà. La transition énergétique nécessite une pluralité de solutions, et l'énergie nucléaire y a une place assurée. Ce qui est en cours est un mouvement qui englobe l'environnement, la souveraineté énergétique, le développement technologique et, avant tout, une responsabilité envers l'avenir du pays.

Nous invitons chacun à faire partie de ce chemin. Les avancées sont là — et, comme le montrent les chiffres et les articles de cette édition, elles sont concrètes, pertinentes et résultent d'un travail collectif. Que cette édition inspire encore plus d'engagement, de confiance et de coopération. Ensemble, avec énergie et détermination, nous construisons le présent et l'avenir du programme nucléaire brésilien. ■

Bonne lecture ! *Celso Cunha, président de l'ABDAN*

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE GAGNE DU TERRAIN DANS LES DÉBATS SUR L'AGENDA CLIMATIQUE

L'ATELIER DU PLAN CLIMAT OUVRE LA VOIE À DES ACTIONS AXÉES SUR LA SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LA DÉCARBONATION DU MIX ÉLECTRIQUE

Le Brésil est en train de redessiner les bases de sa politique climatique pour les 25 prochaines années. L'un des principaux espaces de construction collective de ce processus est l'atelier présentiel du Plan Sectoriel d'Atténuation pour l'Énergie, l'Industrie et les Transports – plus connu sous le nom de Plan Climat. Organisé avec la participation de représentants du gouvernement, du milieu académique et du secteur productif, cet atelier vise à formuler des actions concrètes pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et promouvoir une transition énergétique juste et durable.

Parmi les sources renouvelables intermittentes comme le solaire et l'éolien, un secteur en particulier cherche à faire reconnaître son potentiel stratégique : le nucléaire. C'est dans cette perspective qu'Eliene Silva, membre du Comité de Durabilité de l'Association Brésilienne pour le Développement des Activités Nucléaires (ABDAN), a participé à l'atelier, en contribuant par des propositions visant à renforcer la présence de l'énergie nucléaire dans le mix électrique brésilien.

« L'énergie nucléaire peut et doit être considérée comme une alliée de la décarbonation, car elle combine haute densité énergétique, faibles émissions de carbone et fiabilité de l'approvisionnement. C'est un pilier essentiel pour assurer la sécurité énergétique dans un contexte d'électrification croissante », affirme Eliene, qui a collaboré à la création de trois actions à fort impact, 17 actions structurantes et deux plans d'action spécifiques liés à la technologie nucléaire.

Parmi les points forts : la planification de l'expansion de l'énergie nucléaire par des grandes centrales pour stabiliser le système d'ici 2050, et l'utilisation de petits réacteurs modulaires (SMR) à partir de 2035 pour décarboner des secteurs énergivores comme l'industrie et les centres de données. Autre point critique : la proposition d'accélérer l'autorisation et la mise en service d'un dépôt définitif de déchets radioactifs, considéré comme un élément clé de la durabilité du secteur.

AVANCÉES ET DÉFIS À L'ORDRE DU JOUR

Au cours des travaux, les groupes de l'atelier ont donné la priorité à des actions pertinentes, réalisables et compatibles avec l'horizon temporel du plan, qui s'étend de 2025 à 2050. « Ce fut un processus collaboratif, technique et multidisciplinaire. Le secteur nucléaire a montré qu'il est prêt à participer à la transition énergétique brésilienne avec des propositions concrètes, y compris sur des questions historiques telles que le cadre réglementaire et la diversification de l'usage des réacteurs », explique Eliene.

Bien que sa part dans le mix électrique brésilien reste faible – environ 2,5 % –, l'énergie nucléaire est de plus en plus reconnue comme une solution à long terme pour garantir la stabilité de l'approvisionnement et atteindre les objectifs climatiques fixés par les accords internationaux, comme l'Accord de Paris. Pour cela, il sera nécessaire de surmonter des obstacles tels que la modernisation de la réglementation et les modèles de financement de nouveaux projets.

LA RECONNAISSANCE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE COMME RESSOURCE SYSTÉMIQUE IMPLIQUE DES POLITIQUES PUBLIQUES ROBUSTES, UNE PRÉVISIBILITÉ RÉGLEMENTAIRE ET DES MÉCANISMES DE FINANCEMENT ADAPTÉS.



Rovena Rosa/Agência Brasil

EXEMPLES INTERNATIONAUX

Des pays comme la Finlande, le Japon et l'Espagne reconsidèrent le rôle stratégique de l'énergie nucléaire dans leurs systèmes énergétiques. La Finlande, par exemple, a récemment mis en service la centrale Olkiluoto 3, avec des résultats positifs : les prix de l'électricité ont baissé et la sécurité d'approvisionnement s'est renforcée. Le Japon, après une période de prudence post-Fukushima, a repris sa politique de fonctionnement des centrales. L'Espagne, quant à elle, a reporté le calendrier de fermeture des réacteurs face à la pression pour des sources stables et à l'isolement énergétique du pays.

Sur le plan diplomatique, le mouvement prend aussi de l'ampleur. Lors de forums comme la COP28, 28 pays se sont engagés à tripler leur capacité nucléaire installée d'ici 2050 dans le cadre de l'effort mondial de décarbonation.

UNE OPPORTUNITÉ POUR LE BRÉSIL

Face à ce contexte, l'idée que le Brésil doit adopter une stratégie plus affirmée en matière d'énergie nucléaire fait son chemin. L'achèvement de la centrale Angra 3, qui ajoutera 1 405 MW de capacité au système, ainsi que le développement de nouveaux réacteurs, sont considérés comme essentiels pour augmenter la part du nucléaire et garantir la résilience du mix électrique.

« Faire de l'énergie nucléaire un pilier de la transition énergétique brésilienne n'est pas seulement une question

technique. C'est un choix stratégique de souveraineté, de sécurité énergétique et de développement durable », souligne Eliene. Selon elle, l'action conjointe des secteurs public, privé et académique sera décisive pour concrétiser les propositions débattues dans le Plan Climat.

PROCHAINES ÉTAPES

Le Plan Climat passe maintenant à l'étape de consolidation et de détail des actions prioritaires. L'objectif est qu'à la fin de l'année, ces propositions soient intégrées aux stratégies nationales d'atténuation. Pour le secteur nucléaire, cette participation active à la construction de ce document représente un jalon historique. C'est en effet la première fois que cette source énergétique fait l'objet d'une attention structurée dans un plan climatique brésilien, avec des objectifs clairs et un horizon défini.

Pour les spécialistes, la reconnaissance de l'énergie nucléaire comme ressource systémique – c'est-à-dire essentielle à la stabilité du réseau – doit s'accompagner de politiques publiques robustes, de prévisibilité réglementaire et de mécanismes de financement adaptés.

« Si le Brésil veut jouer un rôle de leader dans la course mondiale vers une économie bas carbone, il doit inclure l'énergie nucléaire comme partie intégrante de la solution. Les décisions doivent être prises dès maintenant, sur la base de preuves techniques et avec une vision tournée vers l'avenir. C'est ce que le Plan Climat peut représenter », conclut Eliene. ■

NT2E 2025 RENFORCE LE RÔLE STRATÉGIQUE DU NUCLÉAIRE AU BRÉSIL

AVEC PLUS DE 3 200 PARTICIPANTS, LE SALON A PROMU DES DÉBATS STRATÉGIQUES SUR LE MIX ÉNERGÉTIQUE, L'EXPLOITATION MINIÈRE, L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET LA MÉDECINE NUCLÉAIRE



La NT2E 2025 — le plus grand salon d'affaires et de technologie nucléaire d'Amérique latine — s'est imposée comme un jalon de l'agenda énergétique national. Organisée du 20 au 22 mai au ExpoMag (Rio de Janeiro), la manifestation a réuni des représentants du gouvernement, d'organismes internationaux, de l'industrie, du milieu académique et de la société civile pour débattre de l'avenir de la technologie nucléaire au Brésil. Avec plus de 150 intervenants, 30 panels, des mini-cours et des représentants de 15 pays, l'événement a réaffirmé le rôle stratégique de l'énergie nucléaire dans la construction d'un avenir durable, technologique et sûr.

Lors de la cérémonie d'ouverture, les dirigeants ont souligné le moment décisif que traverse le secteur. « Il est temps de montrer que le nucléaire, c'est la technologie de pointe, l'innovation, l'autonomie, le Brésil, le leadership. La NT2E 2025 en est la preuve », a déclaré Celso Cunha, président de l'ABDAN (Association brésilienne pour le développement des activités nucléaires). Des autorités telles que le Ministre du Cabinet de Sécurité Institutionnelle, le

général Marcos Amaro ; la Secrétaire nationale à la géologie, à l'exploitation minière et à la transformation minérale du MME, Ana Paula Bittencourt ; et le directeur général de l'AIEA, Rafael Grossi (en vidéo), ont également participé, réaffirmant l'alignement du Brésil avec les agendas mondiaux de décarbonation et de sécurité énergétique.

ACCORDS STRATÉGIQUES

Dès le premier jour, la NT2E a été le théâtre de la signature de trois accords stratégiques. Amazul et l'IPEN ont officialisé une coopération pour le développement de centres d'irradiation et de nouveaux matériaux. La Westinghouse Electric Company et Constellation ont signé un accord de confidentialité portant sur l'application du micro-réacteur eVince sur des plateformes de forage. Le troisième partenariat a réuni ABDAN et ABH2 afin de promouvoir des synergies entre les secteurs du nucléaire, de l'hydrogène bas carbone, des data centers et des technologies innovantes, avec le soutien de l'Association brésilienne des Data Centers (ABDC).

MIX ÉNERGÉTIQUE ET EXPLOITATION MINIÈRE : ENJEUX ET PERSPECTIVES

La deuxième journée a été marquée par des panels traitant du mix électrique du futur, du marché de l'uranium et du cadre réglementaire du secteur. Dans le panel « Les défis du mix électrique brésilien du futur », modéré par Celso Cunha, les spécialistes ont souligné la nécessité d'un équilibre entre les sources renouvelables et pilotables. Marcello Cabral (ABEEÓLICA) et Marcio Trannin (ABSOLAR) ont plaidé pour la complémentarité des technologies, tandis que Xisto Vieira (Abraget) et Nazareno Araújo (ANA) ont mis en lumière le rôle des ressources hydriques. Pour Giovanni Machado, ancien directeur de l'EPE, il est urgent de mettre en place un nouveau modèle réglementaire valorisant la stabilité et la fiabilité — deux attributs clés du nucléaire.

L'exploitation de l'uranium a également été à l'honneur. Lors d'un panel modéré par Caio Seabra (ANM), des spécialistes tels que Marcos Lee (ADL Mineração), Marcelo Silvestre (Galvani), Felipe Tavares (INB) et Alexander Boytsov (Rosatom) ont débattu de la demande mondiale croissante pour ce minerai, stimulée par la renaissance du nucléaire dans plusieurs pays. Le Brésil, qui détient la sixième plus grande réserve d'uranium au monde, se positionne comme un acteur clé de ce nouveau contexte.

CADRE RÉGLEMENTAIRE : L'URGENCE DE LA MODERNISATION

Le panel « Amélioration du cadre réglementaire » a réuni des noms de poids du secteur, comme l'Amiral Bento, Leonam Guimarães (Amazul), Alessandro Facure (CNEN), Reive Barros (Acropolis Energia) et Sanzio Pereira (INB). Tous s'accordent sur un constat : le cadre réglementaire brésilien est fragmenté et imprévisible, ce qui entrave les investissements et l'expansion du nucléaire. La solution est claire : créer un cadre moderne, aligné sur les meilleures pratiques internationales, capable de débloquer des projets tels que celui d'Angra 3 et les futurs SMR (petits réacteurs modulaires).

HACKAPOWER : INNOVATION, JEUNESSE ET DIVERSITÉ

Avec 86 étudiants issus de 37 universités et 52 villes, le Hackapower 2025 a renforcé l'engagement de la NT2E envers la formation de talents et la décentralisation de l'innovation. Le concours, qui se poursuit jusqu'en novembre, met les jeunes au défi de proposer des solutions dans les domaines de l'énergie, du développement durable et de la sécurité alimentaire. Une conférence sur l'antiracisme a également marqué cette édition, favorisant l'inclusion et l'équité dans les environnements technologiques.



INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET DEMANDE ÉNERGÉTIQUE

La clôture de l'événement a abordé des thèmes mêlant technologies de pointe et défis contemporains. Dans le panel « Le monde avec l'intelligence artificielle », modéré par Renan Lima (ABDC), des spécialistes tels que Gustavo Brito (Stefanini IHM), Marco Fidos Jr. (ATECH), Marcos Raimundo (UNICAMP) et Donato Silva (Volt Robotics) ont analysé le rôle de l'IA dans la transformation des processus critiques, soulignant la demande énergétique croissante des data centers et le rôle du nucléaire pour garantir stabilité et sécurité au système.

MÉDECINE NUCLÉAIRE : ACCÈS, RÉGULATION ET POLITIQUES PUBLIQUES

Un autre point fort fut le programme consacré à la médecine nucléaire. Dans le panel « Le rôle de la médecine nucléaire dans la politique nationale et le contrôle du cancer au Brésil », Sibila Grallert (CMR), Elba Etchebehere (SBMN), Isolda Costa (IPEN/CNEN) et le député Reimont Otoni ont insisté sur l'urgence d'élargir l'accès aux diagnostics et aux thérapies dans le cadre du SUS. Ensuite, des spécialistes tels que Hamilton Monteiro (Theia Nuclear), Dr. Claudio Tinoco (Hôpital Pro Cardíaco), Renato Costa (ANVISA) et Dr. Gustavo Gomes (Clínica Núcleos) ont débattu des goulots d'étranglement logistiques et réglementaires du secteur.

La proposition commune fut la modernisation des processus, l'intégration des agences et le renforcement de la médecine nucléaire comme alliée de la santé publique.

SCIENCE ET SOLIDARITÉ MAIN DANS LA MAIN

La NT2E 2025 a également organisé une collecte de denrées non périssables, destinées à des institutions sociales. Cette initiative reflète l'engagement du secteur nucléaire envers la responsabilité sociale et la construction d'un Brésil plus juste. ■

UNE TECHNOLOGIE QUI SAUVE : LES DÉFIS DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE AU BRÉSIL

PROGRÈS SCIENTIFIQUES, THÉRAPIES DE PRÉCISION ET DIAGNOSTICS PRÉCOCES BUTENT SUR DES OBSTACLES STRUCTURELS ET UNE DÉPENDANCE AUX IMPORTATIONS

Imaginez détecter un cancer à un stade précoce, avec une très grande précision, et entamer un traitement ciblé, avec moins d'effets secondaires et de meilleures chances de succès. Tel est l'objectif – et déjà la réalité – de la médecine nucléaire, une spécialité médicale qui transforme le pay-

sage de la santé dans le monde entier. Cependant, malgré son potentiel, le Brésil se heurte encore à des difficultés structurelles et logistiques qui freinent l'expansion de cette technologie, notamment dans le système de santé public.

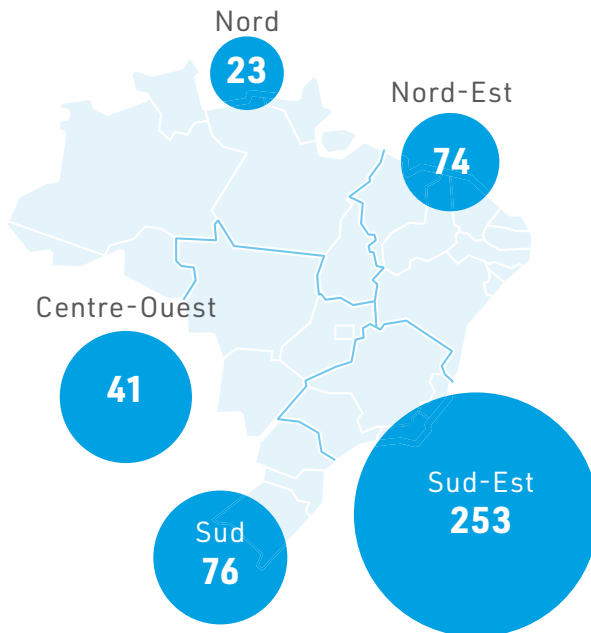
La médecine nucléaire utilise des radio-isotopes –

RÉPARTITION DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE AU BRÉSIL

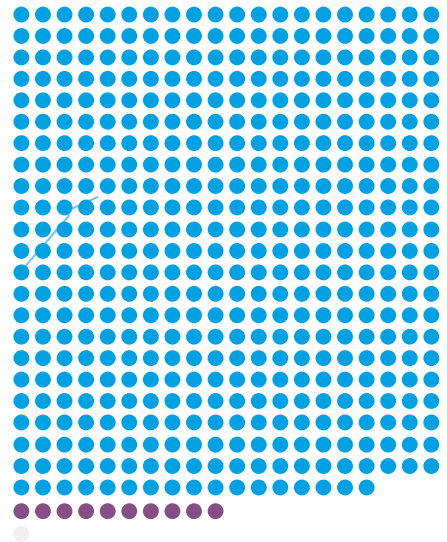
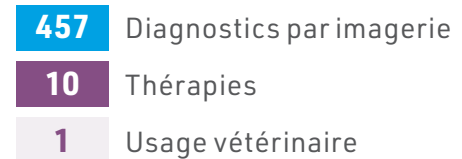
Le Sud-Est concentre 54 % des installations du pays

Installations de médecine nucléaire

Par région



Par type d'utilisation



Source : ABDAN

L'INSTABILITÉ DE L'APPROVISIONNEMENT EN RADIO-ISOTOPES AFFECTE DIRECTEMENT LE NOMBRE ET LA QUALITÉ DES EXAMENS RÉALISÉS.

atomes instables émettant un rayonnement – à des fins de diagnostic par imagerie et de thérapies ciblées. L'une des grandes innovations du domaine est le théranostique, qui combine en un même protocole le diagnostic et le traitement. Cette approche personnalisée permet, par exemple, de visualiser et de traiter des tumeurs avec une grande efficacité, en gagnant du temps et en sauvant des vies.

LE BRÉSIL À CONTRE-COURANT DE LA TENDANCE MONDIALE

Le marché mondial de la médecine nucléaire, estimé entre 5 et 10 milliards de dollars en 2022, devrait dépasser les 25 milliards d'ici 2030. Cette croissance reflète non seulement les avancées scientifiques, mais aussi l'augmentation de la demande pour des examens plus précis et des traitements personnalisés. Or, le Brésil peine à suivre ce rythme.

L'un des principaux goulets d'étranglement concerne la production et la distribution des radio-isotopes. Bien que le pays dispose de onze cyclotrons – des accélérateurs de particules utilisés pour produire des isotopes à courte durée de vie comme le fluor-18 –, il reste dépendant de fournisseurs étrangers pour le molybdène-99, matière première essentielle à la production de technétium-99m, utilisé dans environ 80 % des procédures diagnostiques de la spécialité.

Graphique représentant la large gamme d'isotopes utilisés pour le diagnostic (en bleu) et la thérapie (en orange) de différents types de cancer et autres pathologies. Source : Nuclear Medicine Europe.

« Le Brésil dépend encore de sources étrangères pour l'approvisionnement en molybdène-99, indispensable à la production du technétium-99m, l'un des radio-pharmaceutiques les plus utilisés en médecine nucléaire. Cette dépendance et les difficultés logistiques liées au transport des matières radioac-

tives posent des défis considérables à la spécialité dans notre pays », explique Sibila Grallert, directrice générale de CMR Pharma et membre du Conseil consultatif de l'ABDAN.

L'instabilité de l'approvisionnement affecte directement le nombre et la qualité des examens réalisés, compromettant les diagnostics précoces et les traitements les plus efficaces.

UN ACCÈS INÉGALITAIRE

Le Brésil compte actuellement 467 installations de médecine nucléaire, entre hôpitaux, cliniques et centres spécialisés. Sur ce total, 457 sont dédiées au diagnostic par imagerie, 10 à la thérapie et une seule est destinée à l'usage vétérinaire. Toutefois, leur répartition sur le territoire est inégale : 253 se trouvent dans le Sud-Est, contre 76 dans le Sud, 74 dans le Nord-Est et 41 dans le Centre-Ouest.

« Malgré cette infrastructure, l'accès aux services de médecine nucléaire reste très inégal, ce qui limite l'accès des populations les plus vulnérables aux avancées technologiques du domaine », déclare Sibila.

Ce déséquilibre se fait particulièrement sentir dans le Système public de santé (SUS), où l'offre d'examen et de traitements par radio-isotopes demeure restreinte, obligeant les patients à de longues files d'attente ou à recourir à des alternatives moins efficaces.

UN POTENTIEL STRATÉGIQUE ET UN BESOIN DE POLITIQUES PUBLIQUES

Au-delà de son impact direct sur la vie des patients, la chaîne de la médecine nucléaire mobilise un écosystème complexe : elle englobe la recherche scientifique, la formation de professionnels hautement qualifiés et la production technologique nationale. Il s'agit donc d'une opportunité stratégique pour le pays.

« La technologie nucléaire joue un rôle fondamental dans la modernisation de la médecine. L'utilisation de radio-isotopes pour le diagnostic et le traitement constitue un outil indispensable pour sauver des vies et garantir des pratiques médicales plus précises », affirme Celso Cunha, président de l'ABDAN.

Selon les spécialistes du secteur, il est urgent de renforcer le parc technologique national, d'encourager l'investissement dans la recherche et de mettre en œuvre des politiques publiques spécifiques à la médecine nucléaire. L'objectif est clair : garantir que tous les Brésiliens, où qu'ils vivent, aient accès à une médecine plus moderne, plus efficace et plus humaine. ■

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, LA DURABILITÉ ET LA SOUVERAINETÉ : LES VOIES DÉFENDUES PAR LE DÉPUTÉ ARNALDO JARDIM

Avec une vision stratégique du rôle du Brésil dans la transition énergétique mondiale, le député fédéral Arnaldo Jardim (Cidadania-SP) s'impose comme l'une des voix les plus actives du Congrès national en faveur de l'utilisation pacifique et durable de l'énergie nucléaire. Actuel président de la Commission de transition énergétique de la Chambre des députés, Jardim a articulé des propositions législatives — comme la création du Programme d'Accélération de la Transition Énergétique (PATEN) — et encouragé des débats sur l'avenir du mix énergétique brésilien. Dans cette interview accordée à la revue Conexão Nuclear, le parlementaire analyse les obstacles et les opportunités de l'expansion de l'énergie nucléaire au Brésil, plaide pour un nouveau cadre légal pour le secteur et explique comment le pays peut concilier souveraineté énergétique, croissance économique et décarbonation.



1 - Vous avez défendu la reprise des travaux d'Angra 3 et l'expansion de l'énergie nucléaire au Brésil. Quels sont les principaux obstacles à cette avancée, et comment les surmonter ?

La viabilité d'Angra 3 et de l'expansion nucléaire dépend moins de la technologie — que le Brésil maîtrise avec son cycle du combustible — que de la volonté politique, d'une gouvernance efficace et de solutions de financement créatives. Si elle est intégrée à un mix énergétique diversifié — non comme concurrente mais comme complément aux énergies renouvelables —, l'énergie nucléaire peut renforcer la sécurité énergétique du Brésil dans un contexte de transition verte. Le chemin à suivre exige un dialogue technique, de la transparence et une vision stratégique, en particulier lorsqu'il s'agit des investissements déjà réalisés dans le secteur, qui ne peuvent être mis en péril en raison d'analyses ponctuelles centrées sur les coûts élevés de certains projets au lieu d'une vision systémique. Les principaux obstacles sont le manque d'investissements, la complexité et les risques associés, ainsi que le coût élevé. Pour

les surmonter, nous avons besoin d'un nouveau cadre juridique moderne, avec des objectifs clairs et des processus simplifiés. Cela sera fondamental pour établir des partenariats internationaux, renforcer les compétences et attirer des capitaux étrangers dans le secteur.

2 - Quel est, selon vous, le rôle de l'énergie nucléaire dans le mix énergétique brésilien, notamment en complément des énergies renouvelables intermittentes comme le solaire et l'éolien ?

L'énergie nucléaire peut jouer un rôle stratégique et complémentaire dans le mix énergétique brésilien, en particulier avec l'essor des sources intermittentes — comme l'éolien et le solaire — et les défis climatiques. Elle n'est pas une rivale des renouvelables, mais une alliée structurelle. Les pays qui ne prendront pas le virage du nucléaire perdront leur « passeport pour l'avenir ». Grâce à sa polyvalence, l'énergie nucléaire est indispensable à la sécurité énergétique du Brésil. Le pays est bien placé pour diriger un modèle hybride à faible émission de carbone : les barrages hydroélectriques comme « batteries naturelles », le solaire et l'éolien comme sources variables, et le nucléaire comme base ferme. Angra

3 serait un pas symbolique, mais la stratégie doit inclure les SMR (petits réacteurs modulaires) et l'innovation dans les combustibles durables. Il faut penser le système énergétique comme un écosystème intégré, et non comme des sources séparées.

3 - Vous avez proposé la création d'un fonds de garantie vert pour financer la transition énergétique. En quoi ce fonds pourrait-il soutenir les projets nucléaires et quels seraient les critères d'éligibilité ?

La loi 15.103/25, dont je suis l'auteur, institue le Programme d'Accélération de la Transition Énergétique (PATEN) et crée un fonds de garantie vert destiné à atténuer les risques de projets complexes à faibles émissions, y compris ceux du nucléaire. Ce mécanisme peut dynamiser les investissements dans le secteur nucléaire en répondant aux obstacles historiques, tout en respectant des critères rigoureux de durabilité. Le PATEN n'est pas une subvention : c'est un mécanisme d'atténuation des risques. Sa réglementation définira l'organisme exécutif chargé de l'analyse des projets, ainsi que les critères, procédures et conditions pour leur approbation. Les entreprises pourront alors transférer des crédits fiscaux qu'elles détiennent auprès de l'Union vers le Fonds Vert, qui garantira les financements approuvés. Il est important de souligner qu'aucun fonds public ne sera mobilisé. Les garanties seront constituées à partir de crédits fiscaux déjà validés par l'administration fiscale. Même en cas de défaut, ces crédits seront libérés selon le calendrier prévu, sans impact budgétaire.

4 - Vous avez dirigé des débats sur l'importance du nucléaire dans le monde. Quelles leçons le Brésil peut-il tirer des autres pays, et comment les adapter à sa réalité ?

En juin 2024, la Commission de transition énergétique de la Chambre des députés, que je préside, a organisé un débat important avec la participation de Rafael Mariano Grossi, directeur général de l'AIEA. Selon lui, le changement climatique a renforcé la reconnaissance du nucléaire comme levier clé de décarbonation. Le Brésil doit tirer parti des expériences internationales, tout en construisant sa propre voie. Il peut s'inspirer de la capacité industrielle chinoise, de l'agilité canadienne dans les SMR, et de la gouvernance américaine en matière de financement et réduction de risques. Le nucléaire, ce n'est pas seulement de l'énergie : c'est aussi de la souveraineté technologique. Le Brésil possède de

“ LE NUCLÉAIRE N'EST PAS UN CONCURRENT DES RENOUVELABLES, C'EST UN ALLIÉ STRUCTUREL. ”

l'uranium, du niobium et des terres rares. Il ne lui reste qu'à les intégrer dans une stratégie nationale, comme le font les grandes puissances.

5 - Vous militez pour la modernisation du cadre légal du nucléaire au Brésil et la création d'un front parlementaire. Quels sont les points prioritaires de cette réforme, et comment le Congrès peut-il encourager les investissements privés en toute sécurité ?

La réforme doit renforcer la sécurité, moderniser les normes et adapter la législation aux technologies émergentes et aux défis actuels, notamment la gestion des déchets radioactifs. Il faut créer un environnement propice aux partenariats public-privé, stimuler la formation de professionnels qualifiés et favoriser une communication claire et transparente. Le Congrès peut faire du Brésil une puissance nucléaire du XXI^e siècle, à condition de mettre en place des instruments financiers attractifs pour le secteur privé, tout en maintenant le contrôle stratégique de l'État.

6 - Les minéraux stratégiques sont essentiels aux technologies énergétiques. Quel rôle le Brésil peut-il jouer dans cette chaîne d'approvisionnement mondiale, et quelles politiques publiques sont nécessaires ?

Le Brésil possède un potentiel géologique remarquable, mais manque de structure pour le valoriser. Il peut passer du statut d'exportateur de matières premières à celui de leader des chaînes vertes à haute technologie. Cela exige une coordination étatique, des partenariats technologiques internationaux et une vision intégrée entre les secteurs de l'énergie, de l'industrie et de la mine. D'où l'importance du PL 27/80 de 2024, dont je suis le rapporteur. Déposé par le député Zé Silva, il établit des lignes directrices pour le secteur minier, élargit les incitations pour l'exploration de ressources liées à la transition énergétique et établit une taxonomie et une gouvernance sectorielle. ■

13



parvient à saisir cette tendance, en s'appuyant sur la matrice propre que nous avons déjà et sur l'introduction des SMR, nous pourrions faire du pays une référence mondiale dans ce secteur », a ajouté Lima.

IA ET ÉNERGIE : UNE CONVERGENCE INÉVITABLE

Au cours du panel, les experts ont souligné que la croissance de l'IA est directement liée à la capacité énergétique des pays. « Des modèles de langage comme ChatGPT ou des systèmes de machine learning exigent un traitement intensif et continu. L'IA fonctionne en temps réel, avec des décisions qui doivent être prises de manière assistée ou totalement autonome. Et cela n'est possible qu'avec une stabilité énergétique », a déclaré le professeur Marcos Medeiros Raimundo, de l'UNICAMP.

Selon lui, l'IA n'est plus un simple champ théorique. « Au départ, l'objectif était de modéliser l'intelligence humaine, de comprendre comment le cerveau raisonne, apprend, résout des problèmes. Aujourd'hui, avec les avancées du machine learning, nous avons affaire à des systèmes capables de traiter des volumes massifs de données et de générer des réponses complexes — ce qui impose un nouveau niveau d'exigence énergétique », a-t-il expliqué.

Le panel a également abordé les implications pratiques de l'IA dans l'exploitation des installations nucléaires. Des outils fondés sur l'IA sont déjà utilisés pour prévoir des défaillances, optimiser les routines de sécurité, interpréter des données en temps réel et même accompagner les processus réglementaires et d'octroi de licences techniques. L'automatisation intelligente, dans ce contexte, devient un atout compétitif important pour le secteur.

LE RÔLE DES SMR DANS LE FUTUR NUMÉRIQUE

Les petits réacteurs modulaires (SMR) sont cependant apparus comme la principale solution défendue par les experts. Outre leur flexibilité et leur capacité à être installés à proximité des centres de demande, les SMR peuvent fonctionner avec une grande fiabilité, sans intermittence, et avec de faibles émissions de carbone — des caractéristiques fondamentales pour alimenter les centres de données du futur.

« Le Brésil dispose déjà de plus de 90 % de sa matrice électrique issue de sources renouvelables. Avec l'intégration de l'énergie nucléaire, et en particulier des SMR, nous avons l'opportunité de consolider une matrice propre et stable, capable de soutenir non seulement la numérisation de l'économie, mais aussi le développement de secteurs stratégiques comme celui de l'IA », souligne Celso Cunha, de l'ABDAN.

UNE AGENDA DE CONVERGENCE

Le panel organisé dans le cadre du NT2E 2025 transmet un message clair : l'essor de l'intelligence artificielle et la consolidation du Brésil en tant que hub de data centers ne se réaliseront pas sans planification énergétique — et l'énergie nucléaire devra en être une pièce maîtresse.

Avec le leadership de l'ABDAN, le secteur nucléaire brésilien reste attentif aux opportunités créées par la révolution numérique. L'intégration entre l'IA et l'énergie est une réalité irréversible. Et le Brésil, avec son expertise technique, sa matrice propre et ses ressources stratégiques, possède tous les atouts pour jouer un rôle central dans ce nouveau chapitre. ■

VERS UN NOUVEAU CADRE LÉGAL POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE AU BRÉSIL

UNE ANALYSE PROPOSE UNE MISE À JOUR PROFONDE DE LA LOI ET INDIQUE LES VOIES POUR ATTIRER DES INVESTISSEMENTS, FAVORISER L'INNOVATION ET GARANTIR LA SÉCURITÉ JURIDIQUE

Le Brésil traverse un moment décisif pour le secteur nucléaire. Bien qu'il dispose d'une structure juridique consolidée, fondée sur des lois historiques et des directives constitutionnelles strictes, le cadre réglementaire actuel ne répond plus aux défis technologiques, environnementaux et économiques contemporains. C'est ce que souligne l'étude signée par Leonam dos Santos Guimarães, directeur technique de l'ABDAN, qui analyse les principaux goulots d'étranglement de la législation en vigueur et propose la création d'une nouvelle Loi générale sur l'énergie nucléaire.

Ce projet législatif vise à actualiser l'ensemble des normes qui régissent aujourd'hui aussi bien l'exploitation minière de l'uranium que la production de radio-isotopes, en intégrant les bonnes pratiques internationales, en assurant la sécurité juridique et en ouvrant la voie à des partenariats public-privé dans divers domaines — y compris la production d'énergie.

PILIERS DE LA PROPOSITION DE NOUVEAU CADRE

La proposition de nouvelle législation repose sur les axes centraux suivants :

- **Modernisation du rôle de l'État** : maintien du contrôle souverain, tout en ouvrant des espaces régulés à l'initiative privée dans des domaines comme l'exploitation minière, la production de combustible et de radio-isotopes.
- **Consolidation de l'ANSN** en tant qu'organisme de régulation indépendant, doté de ressources et de prérogatives alignées sur les meilleures pratiques internationales.
- **Création d'un Conseil national** de politique nucléaire, chargé de coordonner les actions interministérielles et de définir les orientations stratégiques.
- **Adoption de normes techniques actualisées**, basées sur les référentiels de l'AIEA.
- **Incitation à l'innovation et à la production de connaissances**, par le biais de partenariats avec les universités et les centres de recherche.

QU'EST-CE QUI CHANGE PAR RAPPORT AU MODÈLE ACTUEL ?

Production d'électricité Aujourd'hui, seule Eletronuclear est autorisée à exploiter des centrales nucléaires. Le nouveau projet de loi propose de créer un régime de concession ou d'autorisation, maintenant le contrôle étatique mais permettant les investissements privés, notamment pour la construction de petits réacteurs modulaires (SMR).

Exploitation minière et cycle du combustible Actuellement sous monopole de l'INB, la proposition est de permettre des partenariats avec le secteur privé, via des contrats de coopération supervisés par l'ANSN et l'ANM, afin de mieux exploiter le potentiel géologique du Brésil.

Applications médicales et industrielles Avec les récentes modifications constitutionnelles (EC 49/2006 et EC 118/2022) qui ont ouvert la production de radio-isotopes au secteur privé, il est désormais nécessaire de réglementer ce nouveau contexte avec des règles claires en matière de sécurité, d'autorisation et de contrôle qualité.

Sécurité et garanties La proposition renforce le rôle de l'ANSN comme régulateur central, définit des mécanismes de prévention des accidents, de protection physique et de cybersécurité des installations nucléaires, et garantit la transparence et la participation du public aux processus décisionnels.



PROPOSITIONS CLÉS

CRÉATION D'UN FONDS D'URGENCE NUCLÉAIRE

Destiné à financer les actions de réponse rapide et les indemnisations en cas d'accident.

MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME NATIONAL DE COMPTABILITÉ NUCLÉAIRE

Pour garantir la traçabilité de tous les matériaux nucléaires du pays

ÉLABORATION D'UN PLAN NATIONAL D'IMPLANTATION DES CENTRALES

En remplacement de l'obligation actuelle de voter une nouvelle loi pour chaque nouveau projet

INVESTISSEMENT OBLIGATOIRE EN R&D

Les entreprises du secteur devront consacrer un pourcentage de leur chiffre d'affaires à la recherche et à l'innovation.

PROGRÈS INSTITUTIONNEL : PLUS DE SÉCURITÉ, PLUS D'INVESTISSEMENTS

La proposition de Leonam réaffirme qu'une législation claire et moderne est essentielle pour que le Brésil puisse exploiter pleinement son potentiel nucléaire. Cela inclut non seulement la reprise de projets interrompus, comme Angra 3, mais aussi la création d'un environnement favorable à de nouveaux investissements, notamment dans des technologies émergentes telles que les SMR et les réacteurs avancés.

Par ailleurs, la sécurité juridique apportée par un cadre réglementaire solide est un élément clé pour intégrer le Brésil aux chaînes de valeur nucléaires mondiales — qu'il s'agisse d'exportation de radio-isotopes, de coopération scientifique ou de commerce d'une énergie propre et fiable. ■

ACCÉDEZ À L'ÉTUDE COMPLÈTE

Vous souhaitez consulter tous les détails de la proposition de modernisation du cadre légal nucléaire brésilien ? Scannez le QR code ci-contre et accédez à l'article complet sur le site de l'ABDAN.



UNE AMAZONIE SANS FUMÉE : POURQUOI L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE POURRAIT ÊTRE UN ÉLÉMENT CLÉ DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DANS LA RÉGION

AXÉE SUR LA DÉCARBONATION ET L'ACCÈS DES COMMUNAUTÉS ISOLÉES, LA RÉGION AMAZONIENNE EXIGE DES SOLUTIONS INNOVANTES

Sur la carte de la transition énergétique du Brésil, il existe une région où les défis sont aussi grands que son importance stratégique : l'Amazonie légale. Avec un territoire immense, de nombreuses communautés isolées, des coûts logistiques élevés et une sensibilité environnementale importante, la recherche de sources d'énergie propres et fiables est devenue une urgence — non seulement environnementale, mais aussi sociale et économique. Dans ce contexte, des alternatives technologiques autrefois considérées comme lointaines, telles que les petits réacteurs modulaires (SMR), commencent à gagner du terrain dans les discussions sur l'avenir du mix électrique de la région.

La vision de l'ABIAPE (Association brésilienne des investisseurs dans l'autoproduction d'énergie) indique qu'aucune source ne pourra à elle seule répondre à ces défis. « Il est important de rappeler qu'il n'existe pas de solution unique à des problèmes complexes. En ce sens, l'énergie nucléaire, notamment à travers les petits réacteurs modulaires, constitue une alternative avec un réel potentiel pour compléter le mix énergétique de l'Amazonie légale et contribuer à la décarbonation de la région », affirme Mário Menel, président de l'association.

Cette déclaration traduit un pragmatisme nécessaire : les SMR ne remplaceront pas, à court terme, les sources déjà en activité, comme le diesel, encore largement utilisé dans les systèmes isolés. Mais cette technologie, qui a l'avantage de ne pas émettre de gaz à effet de serre et de fonctionner de manière continue, peut s'avérer stratégique dans les zones où le transport de combustibles fossiles représente un coût élevé — et un risque logistique permanent. « Même si la technologie rencontre encore des obstacles,

comme la nécessité d'un cadre réglementaire plus mature et l'acceptation sociale, elle représente une alternative à moyen et long terme, en particulier dans des localités très isolées où le transport de carburants fossiles est coûteux et risqué », souligne Menel.

Cette vision à long terme est cohérente avec la dynamique que le Brésil tente de consolider. Avec le lancement du programme « Énergies de l'Amazonie », le gouvernement fédéral a ouvert un canal direct avec le secteur privé pour encourager des projets de décarbonation et renforcer la sécurité énergétique dans la région. Les appels à projets ne concernent pas uniquement des grandes infrastructures, mais aussi des initiatives d'efficacité énergétique, de stockage et de microgénération.

« Les défis sont considérables. Les processus d'octroi de licences environnementales, par exemple, sont déjà complexes dans l'ensemble du pays, et encore plus dans la région amazonienne, compte tenu de sa sensibilité écologique et sociale », affirme Menel. Outre la question environnementale, il y a également le défi logistique : dans de nombreux endroits, l'accès ne se fait que par voie fluviale ou aérienne. Cet isolement physique exige des solutions énergétiques à faible besoin de maintenance, hautement fiables et dotées d'une longue durée de vie opérationnelle — des caractéristiques qui font de la technologie nucléaire, et notamment des SMR, un candidat sérieux.

Malgré cela, Menel considère que le programme Énergies de l'Amazonie crée des opportunités concrètes pour l'engagement du secteur privé, y compris avec des investissements de moindre envergure et des risques contrôlés. « L'appel à projets couvre un éventail d'actions allant

POSSIBILITÉS DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE POUR L'AMAZONIE



Réduction des coûts et des risques logistiques

Élimine le transport coûteux de combustibles fossiles



Zéro émission de gaz à effet de serre

Fonctionnement continu sans pollution atmosphérique



Faible maintenance et haute fiabilité

Idéal pour les zones difficiles d'accès

Source: ABDAN

bien au-delà de la construction de grandes infrastructures. Cela permet aux entreprises d'intervenir avec des investissements plus modestes et des risques maîtrisés. »

UN EFFORT COLLECTIF

Parallèlement, l'ABIAPE observe également avec attention les modèles hybrides — autrement dit, la combinaison de différentes sources renouvelables avec des systèmes de stockage. L'objectif est de tirer le meilleur de chaque technologie tout en en atténuant les limites. « Une fois encore, il n'existe pas de solution unique à des problèmes complexes. En ce sens, l'hybridation apparaît comme une voie prometteuse, permettant d'exploiter au mieux les points forts de chaque technologie », analyse Menel. Il souligne d'ailleurs que ce modèle est encouragé dans le cadre de l'appel d'offres pour les Systèmes Isolés de 2025, qui vise à promouvoir des configurations s'appuyant largement sur des sources renouvelables.

La variable critique dans ce scénario reste le stockage de l'énergie. Sans cela, l'intégration de sources intermittentes comme le solaire devient un facteur de risque pour la fiabilité du système. « Sans stockage, le fonctionnement du système devient plus complexe et moins fiable. C'est pourquoi les progrès dans ce domaine seront déterminants pour garantir la stabilité du réseau dans la région et réduire la dépendance aux combustibles fossiles », affirme-t-il.

Cette quête de stabilité — énergétique autant que réglementaire — passe également par une action institutionnelle. L'ABIAPE participe activement aux discussions avec le gouvernement fédéral et soutient les mesures visant à réduire les émissions tout en allégeant le coût de la Compte de Consommation de Carburant (CCC), l'un des grands goulets d'étranglement du secteur électrique dans l'Amazonie légale.

« L'ABIAPE a exprimé publiquement son soutien aux initiatives du gouvernement en faveur de la décarbonation de l'Amazonie légale, notamment le programme Énergies de l'Amazonie. L'association soutient particulièrement les mesures qui permettent de réduire les émissions tout en réduisant les coûts pour la CCC », indique Menel.

L'Amazonie légale exige plus que des promesses : elle demande des solutions techniques, une vision stratégique et une coordination institutionnelle. Parmi les alternatives qui se dessinent à l'horizon, l'énergie nucléaire — et plus précisément les petits réacteurs modulaires — commence à occuper une place légitime dans les discussions sur l'avenir de la région. Non pas comme une solution miracle, mais comme partie intégrante d'un effort collectif en faveur d'une Amazonie sans fumée, plus intégrée, plus stable et plus propre. ■

AVEC DES COMMUNAUTÉS ISOLÉES ET UNE FORTE DÉPENDANCE AUX COMBUSTIBLES FOSSILES, L'AMAZONIE LÉGALE EXIGE UNE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE URGENTE. DES SOLUTIONS COMME LES SMR, LES SYSTÈMES HYBRIDES RENOUVELABLES ET LE STOCKAGE GAGNENT DU TERRAIN DANS UN DÉBAT QUI DÉPASSE LA SIMPLE INFRASTRUCTURE : IL S'AGIT DE SOUVERAINETÉ, D'ENVIRONNEMENT ET D'AVENIR.

SECTEUR ÉLECTRIQUE EN TRANSITION : DÉFIS ET OPPORTUNITÉS

DES SPÉCIALISTES SOULIGNENT LA NÉCESSITÉ DE VALORISER LES ATTRIBUTS DES SOURCES PILOTABLES DANS UN MARCHÉ LIBÉRALISÉ ET METTENT EN AVANT LE RÔLE STRATÉGIQUE DU NUCLÉAIRE POUR LA SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE DU PAYS



La réforme du secteur électrique brésilien est en cours et promet de transformer en profondeur la manière dont l'énergie est produite, commercialisée et consommée dans le pays. À mesure que progressent les discussions sur l'ouverture totale du marché — qui permettra à tous les consommateurs, y compris ceux en basse tension, de choisir librement leur fournisseur d'électricité —, les préoccupations grandissent quant aux impacts de cette modernisation sur les sources traditionnelles et pilotables, telles que l'énergie nucléaire.

Pour Mario Menel, président de l'Association brésilienne des investisseurs en autoproduction d'énergie

(Abiape), l'énergie nucléaire pourrait rencontrer des défis importants dans ce nouveau scénario. « La concurrence entre toutes les sources, axée sur le prix et la flexibilité, peut créer un environnement défavorable pour les centrales nucléaires, dont la flexibilité opérationnelle est faible, notamment dans un contexte de forte pénétration des sources renouvelables intermittentes comme le solaire et l'éolien », explique-t-il.

Outre la flexibilité, le coût élevé en capital des projets nucléaires constitue un autre point sensible. « L'énergie nucléaire nécessite des investissements initiaux très élevés et

un long délai de mise en œuvre. Ces facteurs compliquent la réalisation de nouveaux projets dans un marché qui tend à privilégier des retours sur investissement plus rapides et moins intensifs en capital », ajoute Menel.

UN RÔLE STRATÉGIQUE À JOUER

Malgré les défis, Mario Menel estime que l'énergie nucléaire a sa place dans le nouveau modèle du secteur électrique, notamment grâce à sa capacité à garantir la sécurité énergétique et à ses faibles émissions de gaz à effet de serre.

« La production d'électricité nucléaire est indépendante des conditions hydrologiques et des phénomènes climatiques, ce qui en fait une source hautement fiable. C'est un avantage essentiel pour un système électrique qui recherche la stabilité face à la montée des sources intermittentes », affirme-t-il.

Pour maintenir la compétitivité de la filière nucléaire dans ce nouvel environnement, Menel plaide pour une rémunération qui aille au-delà de l'énergie livrée. « Il est nécessaire de valoriser également les attributs spécifiques de chaque source. Dans le cas du nucléaire, la fiabilité est une qualité qui doit être tarifée, par exemple à travers la création d'un marché de capacité », propose-t-il.

Le président de l'Abiape insiste également sur la nécessité de progrès réglementaires et institutionnels. « Il est essentiel que les agences environnementales accélèrent les procédures d'autorisation, et que les investisseurs bénéficient d'une sécurité juridique. C'est la seule façon de rendre possibles de nouveaux projets, y compris avec une participation du secteur privé. »

UN PRÉSENT PUBLIC, UN AVENIR HYBRIDE

Aujourd'hui, le rôle de l'énergie nucléaire au Brésil est concentré entre les mains d'Eletro nuclear, l'entreprise publique en charge des centrales Angra 1 et Angra 2, ainsi que de la construction d'Angra 3. Selon Menel, à court et moyen terme, elle restera l'acteur principal du secteur, mais l'ouverture du marché offre des perspectives d'évolution.

« Dans un marché ouvert, Eletro nuclear peut se positionner comme fournisseur d'énergie pilotable via des contrats à long terme, garantissant ainsi stabilité et prévisibilité à des consommateurs à la recherche de tels attributs », précise-t-il.

À plus long terme, de nouveaux modèles pourraient voir le jour, avec l'entrée d'acteurs privés, notamment dans le segment des petits réacteurs modulaires (SMR). « Le développement de tels projets dépendra toutefois d'un changement du cadre législatif, car aujourd'hui, la loi brésilienne confère le monopole de la production nucléaire à l'État. L'ouverture au secteur privé pourrait dynamiser le secteur et attirer de nouveaux investissements », analyse-t-il.

"AVEC UN COÛT EN CAPITAL ÉLEVÉ ET UNE FAIBLE FLEXIBILITÉ, L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE RECHERCHE UNE RECONNAISSANCE POUR SA FIABILITÉ ET SON RÔLE STRATÉGIQUE DANS LA SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE."

LA SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE EN LIGNE DE MIRE

La libéralisation du marché de l'électricité ouvre de nombreuses opportunités, mais comporte également des risques — notamment en ce qui concerne la sécurité d'approvisionnement. Pour Menel, le principal écueil serait d'ignorer les attributs techniques des différentes sources dans le processus de réforme.

« Si la réforme se concentre uniquement sur le prix de l'énergie, sans tenir compte de facteurs comme la fiabilité ou la flexibilité, nous risquons de compromettre la sécurité du système électrique national », alerte-t-il.

Dans ce contexte, l'énergie nucléaire apparaît comme un allié stratégique. « La fiabilité de la production nucléaire contribue à la stabilité du système et à la garantie d'un approvisionnement continu, notamment lors de crises hydriques ou de faibles productions renouvelables. En outre, c'est une source qui aide le pays à atteindre ses objectifs de réduction des émissions carbone », souligne-t-il.

UNE MODERNISATION QUI NÉCESSITE DU PLAN

Pour que la réforme du secteur électrique atteigne ses objectifs sans compromettre la sécurité énergétique ni exclure des sources stratégiques comme le nucléaire, Menel préconise une planification rigoureuse et une approche équilibrée. « La modernisation est nécessaire, mais elle doit s'accompagner de mécanismes de valorisation de tous les services rendus par chaque source. Sans cela, nous risquons de pénaliser les technologies qui contribuent le plus à la stabilité du système », conclut-il.

Alors que les débats se poursuivent au Congrès et au sein du secteur, l'avenir du nucléaire au Brésil reste ouvert — et étroitement lié à la capacité du pays à construire un marché moderne, durable et sécurisé pour tous les Brésiliens. ■

LA RÉGLEMENTATION DES SMR : UN ENJEU DÉCISIF POUR L'ENVIRONNEMENT MARITIME

AVEC L'ADOPTION CROISSANTE DES PETITS RÉACTEURS MODULAIRES EN MILIEU MARITIME, LE BRÉSIL PARIE SUR UNE RÉGLEMENTATION STRATÉGIQUE POUR ASSURER LA SÉCURITÉ SANS FREINER L'INNOVATION

Les petits réacteurs modulaires (SMR) représentent une frontière technologique prometteuse pour la production d'énergie dans des environnements isolés, tels que les navires et les plateformes navales. Cette innovation implique cependant un défi : adapter les cadres réglementaires existants sans compromettre leur rigueur. Dans ce contexte, le rôle de la Secrétarie navale de sécurité nucléaire (SecNSNQ) s'avère stratégique : il revient à cet organe de garantir que la sécurité, les garanties et la protection physique (les 3S) avancent de pair avec la faisabilité technique et réglementaire des projets.

Créée en décembre 2022 et basée à Rio de Janeiro, la SecNSNQ est chargée de réglementer, d'autoriser, d'inspecter et de contrôler les navires civils ou militaires dotés d'installations nucléaires embarquées, en assurant la sûreté nucléaire, la radioprotection et le transport de combustible nucléaire dans les environnements maritimes et fluviaux. Elle compte environ 50 spécialistes, principalement des titulaires de masters et de doctorats en physique et en ingénierie.

Selon Augusto Siqueira de Aguiar, Secrétaire naval à la sécurité nucléaire et à la qualité, Amiral d'escadre Petronio, l'équilibre entre sécurité nucléaire et réduction des impacts réglementaires est une exigence de la société elle-même : « Elle veut la sécurité, mais elle souhaite aussi bénéficier des apports des rayonnements ionisants dans les domaines de l'énergie, de la médecine, de l'agriculture, de l'industrie, entre autres. » D'après lui, l'énergie nucléaire a, dans le domaine maritime, un fort potentiel pour réduire les émissions de CO₂, que ce soit comme force motrice ou pour l'approvisionnement en électricité et chaleur des installations offshore.

« Il est évident que l'autorité de régulation nucléaire a pour mission de protéger le public et l'en-

vironnement des effets néfastes des radiations, mais cet objectif doit être atteint en suivant une approche graduée », explique-t-il. Cette approche permet d'imposer des exigences plus strictes pour les activités à risque élevé, tout en évitant une sur-réglementation qui alourdirait les coûts et pénaliserait la société dans son ensemble.

Selon lui, « toute activité industrielle comporte un risque ; l'enjeu est de déterminer le niveau de risque acceptable. » Il souligne que les bénéficiaires d'une activité ont tendance à tolérer un risque plus élevé que ceux qui ne l'utilisent pas, comme dans le cas du transport aérien. « On sait qu'à partir d'un certain point, les investissements supplémentaires n'apportent qu'une très faible réduction du risque. C'est sur cette base que les régulateurs fixent leurs exigences », note-t-il. Il insiste aussi sur la nécessité d'adopter des exigences technologiquement neutres.

VERS UNE HARMONISATION INTERNATIONALE

Pour l'Amiral Petronio, l'harmonisation réglementaire internationale n'est pas seulement une voie possible — c'est la meilleure option pour accélérer le développement des projets navals intégrant des SMR. Il établit un parallèle avec l'aviation civile, dans laquelle les normes acceptées à l'échelle mondiale permettent la fabrication d'un avion dans un pays, l'utilisation de carburant produit dans un autre, des pilotes formés ailleurs encore, et des opérations dans plusieurs juridictions.

« Il faudra harmoniser les exigences afin que chaque pays sache précisément à quelles exigences un système naval doté d'un réacteur nucléaire embarqué répond. Cela permettra également un travail conjoint entre régulateurs », affirme-t-il.

« IL EST ÉVIDENT QUE LE RÉGULATEUR NUCLÉAIRE DOIT PROTÉGER LE PUBLIC ET L'ENVIRONNEMENT DES EFFETS NÉFASTES DES RAYONNEMENTS, MAIS CET OBJECTIF DOIT ÊTRE ATTEINT À TRAVERS UNE APPROCHE GRADUÉE. »

Le Brésil, selon lui, joue un rôle actif dans ces discussions. « Tant la SecNSNQ que la DRS/CNEN (future ANSN) participent à l'Initiative pour l'harmonisation et la standardisation nucléaires (NHSI) de l'AIEA, dans un esprit de large coopération », souligne-t-il.

DIALOGUE RÉGULATEUR-PORTEUR DE PROJET

Il insiste également sur l'importance de rapprocher les autorités de régulation des porteurs de projets, en particulier dans les projets innovants. « Ce rapprochement, recommandé par l'AIEA, ne doit pas être confondu avec une perte d'indépendance ou une capture réglementaire. Il permet d'accélérer le processus d'autorisation et d'optimiser le travail des régulateurs, concepteurs, constructeurs et opérateurs », dit-il.

Dans le cas des réacteurs innovants, ce dialogue est d'autant plus nécessaire que les exigences sont souvent plus larges et que les recommandations spécifiques sont rares. « Il faut parfois entamer un dialogue pour faire progresser les détails du projet First-Of-A-Kind », explique-t-il. Il cite la tendance à utiliser des procédures de pré-licensing, qui permettent d'aborder les sujets sensibles en amont, avant même que toutes les informations nécessaires à une autorisation formelle soient disponibles.

Concernant les coopérations entre régulateurs pour éviter les doubles autorisations, il observe que l'objectif de l'industrie a toujours été un licensing unique, accepté par tous les pays. « Par le passé, certaines initiatives en ce sens ont échoué. Plus récemment, l'AIEA a choisi d'investir dans l'har-

nisation et la standardisation des approches réglementaires et industrielles », note-t-il.

Il reconnaît toutefois que le licensing unique reste un objectif lointain. Aujourd'hui, la recommandation est de conclure des accords bilatéraux ou multilatéraux pour partager les informations et accepter les résultats des analyses. « L'efficacité dépendra de la maturité des régulateurs, du niveau de formalisation des données partagées, et des conditions prévues par les accords. Il faut que les processus soient compatibles et que le travail d'un régulateur ne doive pas être répété par un autre », conclut-il.

COMMISSION DE SUIVI EN PLACE AU BRÉSIL

Au niveau national, la SecNSNQ a mis en place une Commission de Suivi de la Réglementation des Navires à Propulsion Nucléaire, chargée de surveiller les projets en cours et de dialoguer avec les principaux acteurs du secteur. « Nous avons également créé, au sein de la Superintendance de la sécurité nucléaire navale, un département spécifique pour les nouvelles technologies », ajoute Petronio. Il souligne que tous les régulateurs impliqués dans une installation doivent aussi établir des accords pour éviter le double licensing.

Concernant les défis du licensing des technologies FOAK (First-Of-A-Kind), l'Amiral pointe le manque de maturité des projets et la complexité des exigences réglementaires. « D'où la nécessité de construire des prototypes et des installations expérimentales pour démontrer leur sûreté », dit-il. Ce processus, selon lui, implique souvent des révisions, qu'il s'agisse du projet ou des exigences — ce qui est naturel dans tout processus d'innovation. « L'un des moyens de réduire les difficultés est de rapprocher les régulateurs et les parties concernées en amont », précise-t-il.

Enfin, en ce qui concerne l'application des 3S (safety, security et safeguards) aux SMR maritimes, Petronio affirme que les principes sont identiques à ceux des installations terrestres, mais doivent tenir compte des spécificités du milieu maritime. « Bon nombre de ces installations seront en mouvement constant, ce qui complique leur surveillance et leur contrôle », dit-il. Le défi est donc de concevoir des mécanismes réglementaires capables de protéger l'environnement et la population sans freiner les avancées technologiques — qui pourraient représenter un bond stratégique pour le Brésil en matière d'énergie et d'innovation dans le secteur naval. ■



VISITEZ NOTRE SITE

**SYSTÈMES DE CONTRÔLE ET DE
PROTECTION NUCLÉAIRE****REACTEURS DE RECHERCHE****INSTALLATIONS INDUSTRIELLES**

- **GESTION LOGISTIQUE
INTÉGRÉE**

- **PROCESSUS
D'AUTORISATION**

- **MISE EN ŒUVRE ET
MISE EN SERVICE**

- **FORMATION, EXPLOITATION
ASSISTÉE ET MAINTENANCE**

- **EXPÉRIENCE MONDIALE SUR
LE MARCHÉ NUCLÉAIRE**

- **INTÉGRATION DE SYSTÈMES**

- **INGÉNIERIE
MATÉRIELLE**

- **LOGICIEL AVEC
QUALIFICATION NUCLÉAIRE**

POLINA LION : « SANS ÉNERGIE NUCLÉAIRE, IL EST IMPOSSIBLE D'ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ CARBONE »

DIRECTRICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DE ROSATOM, POLINA LION DÉFEND L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE COMME UNE PIÈCE MAÎTRESSE DE LA NEUTRALITÉ CARBONE ET ÉVOQUE LES INITIATIVES DE L'ENTREPRISE EN FAVEUR D'UN AVENIR ÉNERGÉTIQUE PLUS PROPRE, PLUS SÛR ET PLUS COOPÉRATIF.

À l'approche de la COP 30, qui se tiendra au Brésil, Conexão Nuclear a interviewé Polina Lion, directrice du Département du développement durable de la société d'État russe Rosatom. Elle est chargée de mettre en œuvre les pratiques de durabilité au sein de l'entreprise, de participer au dialogue climatique mondial et de renforcer la coopération internationale dans le domaine des technologies vertes.

« Le développement durable n'est pas seulement une stratégie pour nous, c'est une partie intégrante de notre modèle économique », affirme-t-elle. Selon elle, sans l'énergie nucléaire, il est impossible d'atteindre la neutralité carbone. Dans cet entretien, elle parle aussi de la transition énergétique, du rôle du nucléaire dans ce processus, des technologies nucléaires innovantes comme les réacteurs rapides, ainsi que des principes de coopération internationale suivis par Rosatom.



1 – Ces dernières années, un nombre croissant de pays reconnaît l'importance de l'énergie nucléaire pour atteindre les objectifs climatiques. Quel est le rôle de Rosatom dans ce processus ?

Sans énergie nucléaire, atteindre la neutralité carbone est impossible. Le nucléaire ne produit pas d'émissions directes de CO₂, et ses émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble de son cycle de vie sont minimales – comparables à celles de l'éolien, du solaire et de l'hydroélectricité.

Chez Rosatom, nous considérons le nucléaire comme la base d'un système énergétique durable du futur : propre et fiable. Nous opérons activement dans plus de 60 pays, y compris le Brésil, en promouvant des partenariats, en mettant en œuvre de nouvelles technologies et en proposant des solutions intégrées dans l'énergie propre et d'autres domaines verts.

Par ailleurs, les technologies nucléaires dépassent le cadre énergétique. Elles sont utilisées en médecine pour le

diagnostic et le traitement du cancer, en agriculture pour accroître la productivité et protéger les cultures, et pour l'approvisionnement en eau via la purification et la désalinisation. Ces innovations améliorent la qualité de vie et contribuent aux Objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU.

2 – Quelles initiatives Rosatom met-elle en œuvre pour rendre l'énergie nucléaire encore plus « verte » ?

Il est important de rappeler que le caractère « vert » d'une technologie ne se définit pas uniquement par ses faibles émissions de CO₂. Un critère fondamental est l'usage responsable des ressources naturelles et l'introduction de processus de recyclage dans le cycle de production. C'est ainsi

que nous abordons le nucléaire durable.

À l'avenir, l'énergie nucléaire pourra devenir non seulement écologique, mais aussi renouvelable. Rosatom travaille à la fermeture du cycle du combustible nucléaire, ce qui permettra de réutiliser le combustible usé. La Russie est le seul pays au monde à exploiter des réacteurs rapides à l'échelle industrielle (BN-600 et BN-800) et continue à développer cette technologie. Leur grand avantage est la capacité à utiliser efficacement le plutonium et l'uranium-238, les transformant en nouveau combustible. Cela réduit considérablement les déchets radioactifs et augmente l'exploitation de l'uranium naturel.

Dans le Complexe chimique de Sibérie, nous avons mis en service expérimental le module de fabrication/réfabrication (MFR) de combustible pour le réacteur rapide BREST-OD-300. Il s'agit du premier réacteur rapide au monde à caloporteur au plomb, en construction depuis 2021. Avec le MFR et les installations de retraitement du combustible usé, il compose le Complexe énergétique expérimental et de démonstration (ODEK), qui permettra, d'ici 2030, de boucler complètement le cycle du combustible nucléaire – une première historique.

En résumé, après sa première charge, l'ODEK sera autonome en combustible, le régénérant en interne. Le combustible SNUP utilisé (issu du combustible irradié) sera retraité et réutilisé : seuls les produits de fission seront extraits, et de l'uranium appauvri sera ajouté. L'ODEK servira de base aux premiers réacteurs rapides en série – le BR-1200 et le BN-1200M, dont la construction est prévue après 2030.

Rosatom développe aussi d'autres technologies vertes : les petits réacteurs modulaires (SMR), l'énergie éolienne et les systèmes de stockage d'énergie – fixes et mobiles. Les SMR sont particulièrement prometteurs pour les régions isolées où les grandes centrales nucléaires sont techniquement ou économiquement irréalisables. Ils garantissent un approvisionnement continu en énergie propre et peuvent être intégrés à des sources renouvelables comme le solaire ou l'éolien.

Le nucléaire fournit la charge de base du réseau, tandis que les renouvelables couvrent les pics de demande. Toutefois, ces dernières dépendent des conditions climatiques, ce qui rend essentiel le développement de batteries et de technologies de stockage pour assurer la stabilité de la production d'énergie renouvelable.

3 – Rosatom est l'une des plus grandes entreprises internationales du secteur, avec un portefeuille diversifié. Comment intégrez-vous les principes de durabilité dans une structure aussi complexe ?

Pour nous, le développement durable est une composante essentielle de notre modèle économique. Pour accroître la

durabilité de notre portefeuille, nous avons mis en place un processus interne de qualification ESG. Il s'agit d'un questionnaire comportant 50 questions ESG, par lequel nous évaluons le niveau d'alignement de chaque secteur d'activité avec les critères du développement durable et proposons des recommandations pour renforcer encore cette conformité.

4 – Cette année, le Brésil accueillera la COP 30 – le principal sommet climatique mondial. Quels seront vos axes prioritaires lors de cet événement ?

Rosatom participe activement aux conférences climatiques de l'ONU depuis plusieurs années, et la COP 30 sera pour moi la cinquième édition consécutive. Chaque année, sur cette plateforme, nous débattons du rôle de l'énergie nucléaire dans la réalisation des objectifs climatiques mondiaux, nous présentons les attributs « verts » du nucléaire et nous partageons nos expériences dans la mise en œuvre de projets nucléaires à l'échelle mondiale.

L'intérêt pour les technologies nucléaires innovantes, comme les SMR et les réacteurs rapides, ne cesse de croître. Ces technologies améliorent l'efficacité du combustible, réduisent considérablement les déchets radioactifs et renforcent la sécurité du nucléaire.

Il est fondamental pour nous que l'énergie nucléaire soit pleinement reconnue dans l'agenda climatique, au même titre que les autres sources d'énergie verte. Ce n'est pas qu'une question d'image publique, mais cela permet aussi aux pays et entreprises d'utiliser « l'atome vert » comme outil officiel pour atteindre leurs objectifs climatiques.

À cette fin, la communauté nucléaire œuvre à inclure le nucléaire dans les documents stratégiques et réglementations climatiques – par exemple, dans les taxonomies de finance verte, qui définissent les critères d'accès au crédit et aux investissements préférentiels.

5 – Quels sont les principes qui guident la coopération internationale de Rosatom ?

Nous misons sur des partenariats de long terme, l'échange scientifique et technique, et le développement des compétences locales. Étant donné l'ampleur des projets nucléaires, il ne suffit pas de fournir la technologie : il est essentiel de former les professionnels, de développer l'industrie locale et de créer de l'emploi. Ce modèle permet à nos partenaires non seulement d'accéder à des technologies nucléaires de pointe, mais aussi de construire leur propre système énergétique durable – avec autonomie et sécurité. ■



Rosatom et les Objectifs de Développement Durable de l'ONU

Comment les technologies du secteur nucléaire contribuent à relever les défis mondiaux liés aux critères ESG

CN et RSM



Gestion des déchets



Énergie éolienne



Villes intelligentes



Hydrogène



Eau potable



Médecine nucléaire



Logistique internationale



Centres fonctionnels d'irradiation



Matériaux composites



Durabilité environnementale, impact social positif et gouvernance efficace : tels sont les principes ESG qui forment la base de l'approche de Rosatom. Son portefeuille de produits est conçu pour répondre à un large éventail de défis, couvrant les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) des Nations Unies.



ROSATOM



Technologie nucléaire éprouvée **pour une** **énergie propre et fiable**

Éprouvé et prêt à soutenir le système énergétique de votre communauté, Le réacteur modulaire de petite taille AP300™ de Westinghouse est la solution nucléaire la plus avancée disponible. Basé sur la technologie de notre réacteur AP1000®, déjà en service dans le monde entier, Le SMR AP300 de Westinghouse permet une construction modulaire à petite échelle pour des délais de réalisation efficaces, Des systèmes de sécurité de pointe et un mix énergétique plus propre.

Westinghouse est fier d'apporter plus de 70 ans d'expérience dans le développement et le déploiement de nouvelles technologies nucléaires Qui offrent des sources d'énergie fiables, sûres et économiques.

En savoir plus sur : www.westinghousenuclear.com/ap300



NOUS SOMMES L' **ABDAN**

Depuis 37 nous promovouns

LE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR NUCLÉAIRE

