



Conexão
Nuclear

Année **03**
N° **11**
Jui. 2022

Une route nécessaire

Le nucléaire est un élément clé pour
viabiliser la production d'hydrogène
propre à grande échelle

Le rôle des SMR au Brésil

Entretien avec le présidente de l'EPE, Thiago Barral



L'énergie nucléaire dans la course à la présidentielle

L'ABDAN présente des propositions aux candidats à
la présidence pour débloquer des investissements

L'impasse du Réacteur Polyvalent Brésilien

Le coordonnateur du projet quitte ses fonctions pour
protester contre la lenteur du gouvernement

ABDAN

Équipe de Travail

PRÉSIDENT

Celso Cunha

VICE-PRÉSIDENT

João Carlos da Cunha Bastos

VICE-PRÉSIDENT

Ivan Alexandrovich Dybov

VICE-PRÉSIDENT

Paulo Coelho

VICE-PRÉSIDENT

Claudia K. Goulart

MEMBRES DU CONSEIL CONSULTATIF

Carlos Freire Moreira

Giacomo Feres Staniscia

Reive Barros dos Santos

Nathanael Robson Albuquerque da Mota

Alexandre Honaíser

Luiz Celso Oliveira

Carlos Henrique Silva Seixas

Francisco Roberto Portella Deiana

Carlos Fernando Otton Martins

Rafael Madke

Connexion nucléaire est une publication d'ABDAN

ÉDITEUR

Daniel Fraiha

REPORTAGE

Davi de Souza

DIRECTION DE CONCEPTION

Lucas do M. N. Cunha

CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Roman Atamanczuk

INFOGRAPHIE

Lucas Gomes

VERSION FRANÇAISE

Mariana L. Ney Prado

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 DOUTES

ABDAN@ABDAN.ORG.BR

Sommaire

08

COUVERTURE

L'impasse du Réacteur Polyvalent Brésilien

Le coordonnateur du projet quitte ses fonctions en signe de protestation contre la lenteur du gouvernement

04

Éditorial

En train de penser à la matrice électrique brésilienne de l'avenir

05

Rosatom

Message publicitaire

10

L'énergie nucléaire dans la course à la présidentielle

L'ABDAN présente des propositions aux candidats à la présidence pour débloquer des investissements

14

Le rôle des SMR au Brésil

Entretien avec le présidente de l'EPE, Thiago Barral

16

La stabilité dans la transition énergétique

Le Brésil et d'autres pays élargissent leur intérêt à la source nucléaire en gardant un œil sur la décarbonisation de leurs matrices

18

La technologie qui pousse

La construction de centrales nucléaires embarquées amènera la technologie dans plusieurs domaines de la société brésilienne

20

Une route nécessaire

Le nucléaire est un élément clé pour viabiliser la production d'hydrogène propre à grande échelle

22

Réacteurs du futur

La Chine commence les essais sur un modèle de réacteur qui a le potentiel de révolutionner la production d'énergie nucléaire

24

En augmentant les réserves

Le Congrès parle du projet de loi qui permettra l'exploitation minière de l'uranium et d'autres ressources sur les terres indigènes

EN TRAIN DE PENSER À LA MATRICE ÉLECTRIQUE BRÉSILIENNE DE L'AVENIR



Penser à la matrice électrique en évolution est un exercice défiant, d'autant plus si nous nous souvenons que Dieu est effectivement brésilien¹. Nous avons tous les atouts pour cela. Nous avons le vent, le soleil, le pétrole, nous sommes la sixième plus grande réserve d'uranium du monde ...

De ces faits commencent les défis : la planification et la réalisation de la planification.

Voici quelques-unes des leçons tirées de la crise de l'eau de l'année dernière : la diversité des sources d'énergie, les défis de la compétitivité, la recherche de la résilience aux événements graves et l'assouplissement de la génération et de la transmission. Malgré la recherche de la flexibilité, la gouvernance sectorielle complexe rend difficile la mise en œuvre de nombreuses mesures, comme l'a déjà signalé la planification brésilienne elle-même.

Le futur nous semble plein d'incertitudes. Aujourd'hui, nous avons déjà consolidé les technologies. La prochaine vague est l'hydrogène, nucléaire (principalement avec les SMR - Small Modular Reactor) et des dispositifs flexibles, et, plus loin, les ruptures technologiques comme la fusion nucléaire et la géothermie ultra profonde.

Pour concevoir l'avenir de la matrice, il est important d'avoir un équilibre entre quatre axes : l'efficacité, la fiabilité, la flexibilité et la résilience. Il est déjà clair pour ceux qui pensent que le secteur énergétique du pays vient de la résilience de la diversification, ce qui a besoin de l'intégration des technologies au Brésil.

La COP 26 a évidemment indiqué que sans la génération nucléaire, il n'est pas possible de décarboniser la matrice énergétique mondiale. Au cours de cet événement, plusieurs pays ont lancé leurs programmes de génération

nucléaire. La Chine a lancé un programme de construction de 150 réacteurs nucléaires en 15 ans; la France, 14 réacteurs; l'Angleterre, une ligne de construction en série de SMR; les États-Unis ont des investissements importants dans leur chaîne de production etc².

Voilà la question que nous nous posons ici : « Allons-nous profiter du fait que nous sommes parmi les trois pays qui ont l'uranium et qui dominent le cycle du combustible ? Utilisons-nous cela et les conditions technologiques pour faire avancer notre programme nucléaire en tant que programme d'État ou continuerons-nous en tant que pays exportant essentiellement des matières premières ? »

Aujourd'hui, nous avons le deuxième tarif d'électricité le plus cher au monde, après l'Allemagne, qui est maintenant directement affectée par la guerre en cours et payant le prix de sa décision de désactiver ses centrales nucléaires.

Le prix du gaz est monté en flèche et il ne reviendra plus aux niveaux précédents. Nous le voyons au jour le jour des brésiliens. Ma question est la suivante : ne vaudrait-il pas mieux vendre le gaz que nous avons du pré-sel à l'Europe et nous concentrer sur le projet de décarbonisation totale de notre matrice ?

Un autre point important à considérer lorsque nous parlons de l'avenir est le fait que le peuple brésilien a fortement subventionné l'énergie solaire et éolienne au cours des dernières décennies, favorisant ainsi la chute des prix de cette énergie, même ces sources ne sont pas encore en mesure de générer une chaîne d'approvisionnement locale forte. J'ajoute ce point à la discussion, car j'entends parler de produire de l'hydrogène à partir de sources renouvelables dans les secteurs des influenceurs du secteur de l'énergie. C'est terrifiant si nous considérons que l'énergie à bon marché et subventionnée sera une autre marchandise d'exportation tandis que le prix de l'énergie pour les brésiliens restera très élevé.

Avec ces pondérations, je vous laisse ici mon rêve d'avoir une matrice électrique sans carbone et sous un tarif plus proche du besoin du peuple brésilien. ■

1 Dans les années 70 et 80 la phrase était dite par les présidents Medici et Geisel en raison de la croissance brésilienne (miracle économique) indiquant que le Brésil était le pays de l'avenir. Deus É Brasileiro est aussi un film brésilien réalisé par Carlos Diegues, sorti en 2003. C'est l'adaptation du conte O Santo que Não Acreditava em Deus de João Ubaldo Ribeiro. C'est une expression souvent utilisée au Brésil et qui symbolise l'espoir que les choses s'arrangeront toujours.

2 Et cetera ou et coetera em latim significa e o resto; e outras coisas (da mesma espécie); e assim por diante, ou seja, antes dessa locução latina não vai vírgula. Não se coloca vírgula antes de "e" porque dado o contexto trata-se de uma enumeração de vários elementos.

ESG - UNE NOUVELLE IDÉOLOGIE MODERNE.

La société moderne impose de nouvelles exigences aux entreprises : non seulement le succès financier est important, mais aussi l'impact positif de l'entreprise sur la société et sur la planète. Cette approche affecte le travail des grandes sociétés, les incitant à changer leur modèle d'entreprise et à accorder une attention particulière aux projets socialement responsables. Actuellement, les principes du développement durable, ou ESG (en anglais - Environmental, Social and Governance) sont la seule approche appropriée pour faire des affaires, sans laquelle aucune organisation ne peut prospérer

Une entreprise qui souhaite se conformer aux principes du développement durable doit tenir compte des critères environnementaux et sociaux dans ses activités et respecter les normes acceptées de gouvernance d'entreprise. Les critères environnementaux sont liés aux émissions de gaz à effet de serre ayant une incidence sur le changement climatique, le recyclage des déchets, la consommation de ressources naturelles et l'éducation axée sur le changement d'attitude vis-à-vis de l'environnement. Les critères sociaux comprennent des aspects liés aux aspects suivants : la politique du personnel, l'interaction avec les fournisseurs, les clients et les partenaires, ainsi que la responsabilité sociale des entreprises - impact de l'entreprise sur la société et contribution au développement de la région d'action. À leur tour, les critères de gestion déterminent l'efficacité de la gestion de l'entreprise : accorder la même attention aux intérêts des entreprises, garantir la transparence des activités et les facteurs de développement durable dans la prise de décisions corporatives

LES PRINCIPES ESG DANS LES ACTIVITÉS DE ROSATOM

ROSATOM dans ses activités se concentre principalement sur les besoins de la population locale, car le succès de l'entreprise dépend directement du bien-être des gens - et ce principe a toujours fait partie de l'ADN de la Société d'État. En général, on peut dire que tous les produits Rosatom contribuent de manière significative à améliorer la qualité de vie en Russie et à l'étranger, dans les pays où la Corporation d'État opère, et en créant un produit, tout d'abord, nous nous demandons si nous pouvons améliorer la qualité de vie des gens. Cela est confirmé, par exemple, par le fait que l'agence internationale de notation V.E. (partie du groupe Moody's ESG Solutions) a attribué à Rosatom

un niveau « avancé » d'évaluation des activités dans le domaine du développement durable.

Comme exemple de mise en œuvre des principes ESG, on peut citer le développement de zones situées à proximité du chantier du Centre de Recherche et de Développement en Technologie Nucléaire (CIDTN) en Bolivie, projet clé de Rosatom en Amérique latine aujourd'hui. Le centre est en cours de construction dans la ville de El Alto, la ville la plus haute et la deuxième plus peuplée de Bolivie. C'est le foyer d'environ un million de personnes, dont la plupart sont des représentants du peuple indigène Aimara.

LE FACTEUR DE SÉCURITÉ DANS LA MISE EN ŒUVRE DES PROJETS NUCLÉAIRES

Lorsqu'il s'agit d'installations nucléaires, tout d'abord, la population locale a des doutes concernant la sécurité du projet pour les personnes et l'environnement. Étant donné le respect des peuples indigènes pour la nature, cet aspect est souvent décisif pour l'approbation d'un projet. Ce fut le cas du CIDTN en Bolivie, où environ la moitié de la population représente l'un ou l'autre peuple local, principalement le Kenya et Aimara, et traite son territoire comme un être vivant, mère de la terre, Pachamama¹.

Dans le cas du projet CIDTN, sa sûreté est confirmée par de nombreuses années d'expérience réussie de Rosatom dans la construction de tels projets : plus de 120 réacteurs de recherche nucléaire ont été construits avec le soutien de la Société d'État, 22 centres de science et de technologie nucléaire basés sur des réacteurs de recherche ont été construits à l'étranger - République tchèque, Hongrie, Égypte, Pologne, Kazakhstan, Ouzbékistan, Vietnam et d'autres pays. Rosatom exploite actuellement environ 20% de tous les réacteurs de recherche du monde.

En ce qui concerne l'emplacement du projet, il existe une pratique mondiale de construire des installations pour l'utilisation de réacteurs de recherche à proximité ou même dans les villes elles-mêmes. Le réacteur de recherche Triga, situé à 20 minutes en voiture du centre de Vienne, en Autriche, en est un bon exemple. Il existe des exemples similaires de localisation de réacteurs de recherche à proximité des villes d'Amérique latine - à São Paulo, Lima et d'autres villes.

¹ <https://olma.org.br/2019/08/01/pachamama-a-mae-terra-da-cultura-andina/>



En outre, on ne doit pas oublier que les projets nucléaires sont sous le contrôle de la communauté internationale et seulement des solutions éprouvées sont utilisées dans leur mise en œuvre. En particulier, le réacteur de recherche en Bolivie est construit conformément aux normes de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) et du régulateur nucléaire bolivien. En même temps, les technologies nucléaires sont absolument sûres pour la population et l'environnement.

CONTRIBUTION DU PROJET ROSATOM EN BOLIVIE AU DÉVELOPPEMENT DE LA RÉGION

L'agenda ESG abrite non seulement l'environnement, mais aussi les aspects sociaux. Dans ce contexte, on peut dire que les projets de Rosatom contribuent de manière significative au développement des régions où opère la Corporation d'État.

Le lancement du projet CIDTN est devenu une incitation au développement à la fois de la zone dans laquelle il est construit - District 8 -, et de toute la ville de El Alto. En particulier, grâce à l'avenue Arica, construite près du futur centre, les travaux de développement d'infrastructures et de communications ont commencé et de nouvelles lignes de transport public sont apparues. En conséquence, de plus en plus de nouveaux résidents ont commencé à déménager dans cette région d'El Alto, car cette zone est maintenant considérée comme un lieu prestigieux. Ces centres contribuent au développement de la collaboration scientifique, attirent les scientifiques du monde entier et aident à résoudre les problèmes mondiaux.

« Le centre nous a déjà apporté beaucoup d'avantages. Quand le projet a commencé, j'ai compris que sa mise en œuvre contribuerait avant tout au développement du sys-

tème de communication de base. En fait, nous avons eu tout de suite les égouts et l'approvisionnement en eau. En plus, le niveau de vie a augmenté à Copacabana, à Parcopata et dans d'autres urbanisations grâce à ce projet », dit Adolfo Colque Pati, l'un des leaders communautaires de l'Association indigène El Alto. « Je pense que de nombreux dirigeants locaux ont pris la bonne décision en acceptant la mise en œuvre du projet. S'il n'y avait pas eu le CIDTN, il est probable que ces zones vivraient encore sans des commodités de base. », ajoute-t-il.

« Nous avons tout en Bolivie : des ressources naturelles, des langues anciennes, des milliers d'années d'histoire et de culture, mais nous avons besoin de progrès scientifiques, de connaissances et de spécialistes hautement qualifiés. Nous avons besoin de scientifiques, d'innovateurs, parce que seulement la connaissance peut faire progresser notre pays. Donc, quand les représentants des autorités locales ont parlé du projet, nous, les habitants d'El Alto, l'aimons tous. Nous avons immédiatement dit que le Centre de Recherche et de Technologie Nucléaire devait être construit dans notre district 8 et, dans un avenir proche, nous avons immédiatement voté pour. Ce projet est très important et bénéficiera à plusieurs industries. Grâce à la technologie des rayonnements, nous pouvons commencer à stériliser et exporter nos produits agricoles. En outre, les maladies du cancer sont très courantes dans le pays, et le centre permettra de détecter précocement et de traiter les patients plus efficacement », a déclaré le chef communautaire du District 8, Alfonso Ramos Cututu.

Dans le contexte des avantages du CIDTN pour le système de santé, il est convenable de souligner que sa construction fait partie de la stratégie nationale pour le développement de la médecine nucléaire en Bolivie. Au-delà



du projet russe, trois centres de médecine nucléaire et de radiothérapie sont également en construction à El Alto, La Paz et Santa Cruz. L'un d'eux est en cours de réalisation à côté du projet russe du CIDTN. Les radiopharmaceutiques produits dans le CIDTN peuvent être fournis à ces centres. Ensemble, ils doivent répondre aux besoins de la Bolivie des instruments modernes pour le traitement du cancer et d'autres maladies, qui permettront aux résidents locaux d'utiliser les services de médecine nucléaire sans se déplacer à l'étranger et de sauver la vie de milliers de personnes pour lesquelles il était auparavant impossible en raison du manque de ressources financières.

En outre, le projet créera de nouveaux emplois dans la ville. Désormais, les entreprises boliviennes participent activement à la construction du centre : plus de 450 citoyens boliviens travaillent sur place. Une fois le centre mis en place, le contrat créera environ 500 emplois hautement qualifiés pour les habitants de El Alto et La Paz.

PROJETS ÉDUCATIFS ET HUMANITAIRES DE ROSATOM EN BOLIVIE

Le besoin de nouveaux professionnels dans un domaine d'activité de haute technologie tel que l'industrie nucléaire contribue à l'augmentation du niveau d'éducation dans la région. En particulier, le contrat pour la mise en œuvre du projet prévoit également des travaux pour attirer les étudiants talentueux à étudier dans les universités russes dans les spécialités nucléaires. Actuellement, 32 étudiants boliviens étudient en Russie dans des domaines spécialisés pour l'industrie nucléaire avec des bourses fournies par Rosatom, qui a déjà fourni des bourses à un total de 124 étudiants entre 2015 et 2021. Plusieurs diplômés d'universités russes travaillent déjà dans leur domaine à l'Agence

Bolivienne de l'Énergie Nucléaire (ABEN).

Après la mise en service du projet, les experts en physique nucléaire et les spécialités apparentées de Bolivie et d'autres pays seront également formés au CIDTN, puis transmettront leurs connaissances aux générations futures. Ainsi, le centre stimulera la collaboration scientifique et le développement technologique de toute la région.

En outre, dans le cadre de son travail dans le domaine de la responsabilité sociale, Rosatom, avec l'ABEN, met en œuvre plusieurs projets humanitaires. En particulier, les partenaires ont l'école rurale locale Copacabana I sous leur patronage et aident à l'équiper pour rendre l'apprentissage plus facile et efficace : En mars 2022, la Rosatom State Corporation a acheté de la littérature éducative pour l'ouverture de la première bibliothèque de cet établissement d'enseignement. En mai également, Rosatom et ABEN ont lancé le premier livre pour les enfants sur la technologie nucléaire en espagnol pour le public bolivien.

L'objectif de ces projets est d'accroître le niveau d'éducation de la population locale en général et la sensibilisation dans le domaine de la technologie nucléaire en particulier. À long terme, les travaux dans ce domaine renforcent l'intérêt pour l'industrie nucléaire et contribuent à attirer de nouveaux experts dans le secteur.

À partir de l'exemple de l'application des principes ESG dans la mise en œuvre du projet Rosatom en Bolivie, nous pouvons voir comment la responsabilité sociale des entreprises stimule le développement des régions où la société mène des activités d'affaires. La Société d'État ROSATOM prend toujours en compte dans ses activités le facteur de bien-être social de la population locale, et nous comprenons maintenant avec satisfaction les résultats de ces activités dans le domaine de la construction du CIDTN à El Alto. ■

L'IMPASSE DU RÉACTEUR POLYVALENT BRÉSILIEN

**LE COORDONNATEUR DU PROJET QUITTE SES FONCTIONS
EN SIGNE DE PROTESTATION CONTRE LA LENTEUR DU GOUVERNEMENT**

Le projet du Réacteur Polyvalent Brésilien (RPB) est né en 2008 entouré de nombreuses promesses et attentes. L'entreprise serait le pont qui conduirait le Brésil à l'autosuffisance dans la production de radioisotopes utilisés dans le traitement et le diagnostic du cancer. Aujourd'hui, malgré sa production propre, le pays est toujours dépendant des importations de ces produits pour répondre à sa demande intérieure. En outre, le réacteur pourrait être utilisé à d'autres fins, comme des essais de matières et de combustibles nucléaires pour les réacteurs de puissance. Selon le calendrier initial, les travaux auraient dû être achevés en 2014. Cependant, le RPB est encore entouré de nombreux points d'interrogation et sans grandes perspectives positives, dans un scénario difficile qui a gagné des airs encore plus difficiles actuellement : le coordinateur technique du RMB, José Augusto Perrotta, a décidé de clore sa participation au projet, en signe de protestation contre le retard dans la prise de décision du gouvernement pour la réalisation de l'affaire.

En fait, depuis la conception du RPB, nous avons beaucoup fait dans la partie conceptuelle, avec la production de 16000 documents d'ingénierie, voire aussi l'obtention de permis environnementaux. Le grand dilemme, cependant, réside dans la pénurie de ressources pour la construction du réacteur. En 2018, une cérémonie symbolique à Iperó (dans l'État de São Paulo), où il est prévu de lever le RMB, a marqué le lancement de la pierre fondamentale de l'entreprise. À l'époque, c'était au moins une lueur d'espoir que les travaux pourraient enfin commencer. Malheureusement, depuis lors, aucune goutte de béton n'a été versée.

Actuellement, au budget de 500 millions de dollars, l'indication c'est que le robinet de fonds pour le projet restera fermé, avec zéro ressources repassées en 2022. Pour l'année prochaine, les projections ne sont pas non plus encourageantes. C'est ce qu'affirme Perrotta, qui a décidé de quitter le poste de coordinateur technique du RPB au début de juin, devant tant de découragement en face du manque d'avancement du projet : « Ma demande de retraite est une attitude personnelle, comme une protestation », a-t-elle dit. « J'aurai 69 ans, près de 44 ans de service nucléaire, en tant que coordinateur technique du RPB depuis sa création en

2008. J'aurais encore beaucoup à contribuer au programme nucléaire brésilien et au déploiement du RPB ».

Par la suite de plus d'une décennie en défendant le RPB, Perrotta conteste les motifs qui ont empêché le décollage d'un projet si important pour le pays, en mélangeant des sentiments de tristesse et de frustration face à la stagnation : « Peut-être notre erreur la plus grave a été celle d'avoir fait preuve de beaucoup de volonté et d'engagement dans le domaine de la technologie nucléaire, en tenant compte de son importance pour la société. Nous nous sommes battus pour la reconnaissance du nucléaire comme une zone stratégique de l'État brésilien, ce qui a fait que nous sommes arrivés au point technique actuel du projet », l'a ironisé, dans le ton de la franchise. « Pourtant, pour corriger cela, j'ai demandé la retraite, donnant l'occasion aux plus grands gestionnaires de faire tout ce qui doit être fait », a-t-il ajouté.

RESSOURCES, VOLONTÉ POLITIQUE ET VISION STRATÉGIQUE : QUE MANQUAIT-IL JUSQU'À PRÉSENT POUR LE RPB ?

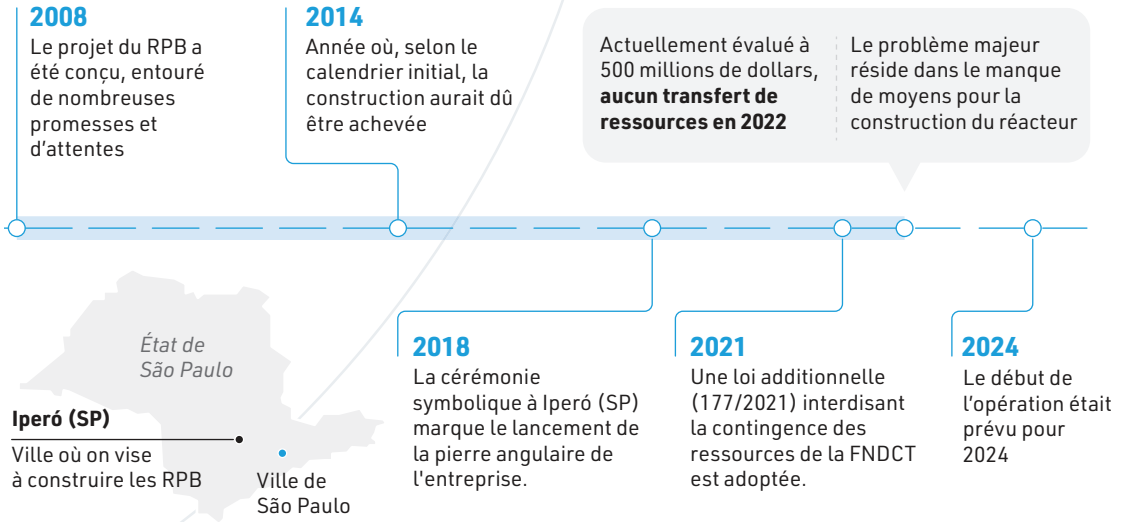
Selon Perrotta, le projet détaillé du réacteur a déjà été achevé, de même que le projet de base de toute l'infrastructure à construire à Iperó, sur un terrain de 2 millions de mètres carrés. En outre, le bâtiment du réacteur lui-même, le RPB disposera d'autres bâtiments dans son environnement, avec une infrastructure de laboratoires associés pour la recherche. La production de documents pour le projet a pris environ 2 millions d'heures-hommes de travail. Selon l'ingénieur, pour que tout cela sorte du papier, il faut mettre en place trois actions. La première étape, comme nous l'avons déjà mentionné, c'est précisément la libération de ressources par le gouvernement fédéral.

« Au-delà du projet de développement du cycle du combustible nucléaire, le Fonds National de Développement Scientifique et Technologique (FNDCT) a financé les projets élémentaires et détaillés du RPB. Jusqu'en 2013, le Fonds avait de nombreuses ressources, qui étaient presque entièrement distribuées, sans contingentement. Cependant, à partir de 2014, une baisse de la distribution du fonds a commencé à se produire », raconte-t-il.

Aujourd'hui, la situation est différente. En mars de

CHRONOLOGIE DU RÉACTEUR POLYVALENT BRÉSILIEN (RPB)

Le RMB est toujours entouré de questions à poser et n'a pas de hautes perspectives



Source: ABDAN, 2022

l'année dernière, une loi complémentaire a été adoptée (177/2021) et qui empêche le contingentement des ressources du FNDCT. L'ancien coordinateur technique du RPB estime que l'une des raisons qui ont bloqué le développement du projet était l'absence d'une affectation verticale des ressources. «Les grands projets ne peuvent pas être financés avec de petites sommes. Nous parlons de 500 millions de dollars pour le RMB. Mais ce montant n'est rien pour le FNDCT, qui dispose d'une valeur comprise entre 5 milliards de dollars et 6 milliards de dollars par an, sans contingentement », il affirme.

Perrotta reconnaît que la distribution horizontale des ressources est intéressante pour la communauté scientifique brésilienne dans son ensemble, mais soutient qu'il est tout aussi important de faire une distribution verticale pour les grands projets tels que le RMB.

Le deuxième point qui a fait défaut jusqu'à présent pour permettre la naissance de l'entreprise serait la volonté politique de garantir les ressources financières nécessaires. Perrotta souligne que le volume des investissements pour le réacteur en 2022 sera zéro, tandis que les perspectives pour 2023 ne sont pas bonnes non plus. « Il faut une action politique pour dire que la verticalité du RPB est importante. Les projets stratégiques devraient avoir un regard tout aussi stratégique. Donc, le combat est d'obtenir les ressources du FNDCT », a-t-il estimé.

Enfin, Perrotta croit qu'il manque une vision à long terme de la part du ministère de la science, de la technolo-

gie et de l'innovation (MCTI), responsable de l'entreprise. Il établit un parallèle entre le RMB et l'Institut de recherche nucléaire sur l'énergie (IPEN), qui a commencé son histoire en 1957 à partir du réacteur de recherche IEA-R1. « C'était le premier réacteur de l'hémisphère sud et autour de lui un grand centre de recherche est apparu. Avec le RMB, il ne sera pas différent. Le réacteur brésilien multipropriété se propose d'être une continuité de ce qu'est l'IPEN, avec une infrastructure d'un autre niveau, attirant des connaissances et des projets de recherche de portage », il conçoit.

En se tournant vers l'avenir, Perrotta attire également l'attention sur une autre discussion qu'il considère fondamentale pour garantir la santé financière du réacteur multipropriété. Dans le modèle de gestion actuel de l'IPEN, qui est toujours chargé de fournir la plupart des radio-isotopes utilisés au Brésil, il existe une dépendance à l'égard des ressources de l'Union. L'argent récolté par la vente de ces produits ne reste pas à l'Institut, mais est dirigé vers les coffres de l'Union.

« Comment faire les soins de la société avec ce type d'attaches? Le RMB propose un changement de modèle. La valeur de vente des radio-isotopes est suffisante pour l'entretien et le fonctionnement de cette installation et pour investir dans la recherche et le développement », a-t-il déclaré. « Il ne sert à rien de n'avoir que l'argent, mais nous avons aussi besoin de ressources humaines et d'un modèle de gestion adéquat. Le Parlement européen a adopté ce rapport », a-t-il conclu. ■

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LA COURSE PRÉSIDENTIELLE

LES PROPOSITIONS PRÉSENTÉES PAR ABDAN AUX CANDIDATS À LA PRÉSIDENTENCE PEUVENT DÉBLOQUER PLUS DE 25 MILLIARDS DE DOLLARS D'INVESTISSEMENTS D'ICI 2026

Presque en un clin d'œil, le second semestre de l'année est arrivé et a enflammé l'attente pour les prochaines élections présidentielles au mois d'octobre. La lutte pour le Palais du Plateau gagne de plus en plus de place dans la vie quotidienne du pays et, à partir de ce moment, la société brésilienne commence à regarder en elle-même, à la recherche de chemins pour surmonter les défis économiques actuels. Dans cet exercice de réflexion, il ne serait pas exagéré de dire qu'un thème en particulier doit avoir un poids supplémentaire : l'énergie. C'est un sujet très présent dans la vie quotidienne des Brésiliens depuis l'année dernière, à cause de la crise de l'eau qui a renchéri les tarifs d'électricité. Il est donc certain que les électeurs accorderont une attention particulière à la question énergétique au moment de comparer les plans de gouvernement de ceux qui plaident pour prendre le commandement de l'exécutif. Avec la course sur le plateau prenant corps, plusieurs secteurs - y compris celui de l'énergie - vont suggérer des propositions pour les plans de gouvernement des candidats. L'industrie nucléaire, bien sûr, participe également à ce mouvement. À l'heure où l'économie brésilienne tente encore de retrouver le chemin de la croissance, de grands projets nucléaires peuvent débloquer plus de R\$ 25 milliards d'investissements entre 2023 et 2026. La donnée fait partie d'un cahier spécial produit par l'Association Brésilienne pour le Développement des Activités Nucléaires (ABDAN), qui rassemble les propositions du segment pour les présidentiables. Le document présente également d'autres projections encourageantes en ce qui concerne la création d'emplois, la réduction des coûts de l'énergie, le développement technologique et le bien-être de la population et de l'environnement.

Le président de l'ABDAN, Celso Cunha, explique que l'objectif de l'association est de sensibiliser les candidats à la présidence de la République sur les suggestions et les projets du secteur nucléaire brésilien dans des domaines tels que la production d'énergie, la médecine, l'irradiation alimentaire, entre autres. Le cahier présente plus de 20 propositions d'action et projette quels seraient les impacts po-

sitifs sur l'économie à partir de chacune d'elles. L'un des points forts du document concerne les centrales nucléaires d'Angra dos Reis. Aujourd'hui, Electronuclear, opérateur des usines, est sur le point de reprendre les travaux d'Angra 3. En parallèle, la société travaille également à prolonger la durée de vie des centrales Angra 1 et Angra 2.

ABDAN affirme que l'élaboration et la mise en œuvre de ces projets laisseraient un héritage d'impacts positifs. À l'horizon 2023-2026, les investissements dans Angra 3 totaliseront 20 milliards, avec un indice de nationalisation prévu de 70 %. En outre, l'extension de vie d'Angra 1 et la modernisation d'Angra 2 nécessiteront ensemble un volume de ressources supérieur à 5 milliards de dollars. Les trois projets contribueraient également à créer plus de 9000 emplois directs et indirects.

À moyen terme, entre 2027 et 2030, l'association vise deux autres projets importants : l'extension de vie d'Angra 2 et l'achèvement de la quatrième centrale nucléaire brésilienne, qui a été indiquée par le gouvernement fédéral dans le Plan Décennal de l'Énergie (PDE) 2031. Les investissements dans ces entreprises atteindront 7 milliards de dollars, avec un impact socio-économique de 9000 emplois directs et indirects.

À long terme déjà, de 2030 à 2050, la construction de nouvelles centrales potentielles attirera des chiffres impressionnants. Comme on le sait, le Plan national pour l'Énergie (PNE) 2050 prévoyait la construction de 8 GW de génération nucléaire dans le pays d'ici la moitié de la décennie. Étant donné que chaque centrale de 1 GW aurait besoin de 7 milliards de dollars de ressources, les investissements pourraient s'élever à 56 milliards de dollars.

« La conclusion d'Angra 3 et la mise en œuvre du PNE 2050, avec les 8 GW de nouvelles centrales nucléaires, sont d'une importance capitale. En plus des investissements importants, nous parlons d'une source de génération ferme pour le pays, qui garantira la stabilité du système électrique brésilien. La source nucléaire n'est pas volatile, c'est-à-dire qu'elle ne dépend pas de facteurs climatiques comme le soleil, la pluie ou le vent. Elle n'est pas soumise

aux intempéries environnementales », a estimé Cunha.

Le président d'ABDAN attire l'attention sur d'autres avantages qui pourraient être atteints par le Brésil à partir de la construction de nouvelles usines. Un d'entre eux serait l'avance technologique dans les systèmes de contrôle et d'optimisation des processus de montage et de travaux de centrales. En outre, la construction en série de centrales nucléaires pourrait contribuer à réduire le coût de l'énergie générée par ces centrales. Dans ce cas, selon les calculs de l'ABDAN, la valeur de l'électricité peut être diminuée jusqu'à 80% par rapport à la production de chaleur au gaz naturel.

Enfin, les nouvelles centrales qui sont planifiées d'ici 2050 seraient essentielles pour atteindre les engagements du Brésil à la COP-26, car la source nucléaire n'émet pas de gaz à effet de serre. Pour permettre à toutes ces œuvres de sortir du papier, ABDAN préconise un assouplissement du cadre réglementaire pour permettre l'action de l'initiative privée en partenariat avec le secteur public. « Les pays reconnaissent désormais que la source nucléaire est nécessaire pour décarboniser la matrice énergétique mondiale. La COP-26 a clairement indiqué que sans énergie nucléaire il n'y aurait pas de décarbonisation », a déclaré le dirigeant de l'association.

UN GÉANT ENDORMI DANS LA PRODUCTION DE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

Un autre domaine mis en évidence dans l'ensemble des propositions de ABDAN était le segment de l'exploitation minière et de l'amélioration de l'uranium. Cunha rappelle que le Brésil possède actuellement la neuvième plus grande réserve mondiale de ce minerai. Pour l'avenir, le pays devrait pouvoir prendre de nouvelles positions dans ce classement. « Le service géologique du Brésil (CPRM) travaille à la cartographie du potentiel d'uranium sur notre territoire. Nous sommes la neuvième plus grande réserve d'uranium au monde, mais nous n'enquêtons que sur un tiers du territoire national. Avec cette nouvelle recherche du potentiel dans d'autres domaines, nous pourrions atteindre la deuxième plus grande réserve de la planète », a-t-il dit.

L'ABDAN propose aux candidats à la présidence de considérer dans leurs programmes de gouvernement l'extension de la capacité productive du Brésil dans les principales étapes du cycle dit du combustible nucléaire. La phase initiale de ce cycle est précisément l'exploitation minière et la production de concentré d'uranium (U₃₀₈). Selon Celso Cunha, le pays a un potentiel énorme encore dormant dans cette niche de performance, en mesure de répondre à toute sa demande intérieure de U₃₀₈ et encore devenir un exportateur de ce produit. « La mise à niveau

de l'uranium permettra également au Brésil de rechercher son autosuffisance en intrants critiques pour la production d'engrais », a ajouté Cunha.

La deuxième étape du cycle du combustible est la conversion du concentré d'uranium à l'état gazeux - appelé hexafluorure d'uranium (UF₆). Actuellement, cette partie du processus de production de combustible n'est pas réalisée à l'échelle. Dans les comptes de l'association, le Brésil pourrait vendre 22 millions de dollars par an de concentré d'uranium entre 2023 et 2026 industrielle au Brésil, seulement à l'étranger. L'industrie nucléaire brésilienne, quant à elle, soutient que le pays devrait mettre plus de jetons dans cette niche d'action pour réduire la dépendance nationale vis-à-vis d'autres nations. Dans ce cas également, le Brésil peut sortir de la condition d'importateur en tant qu'exportateur. L'ABDAN estime qu'entre 2027 et 2031, la vente de services dans les réacteurs et les services d'ingénierie pour le projet d'élément combustible devrait atteindre 1,5 million de dollars par an si le pays étend sa capacité de conversion.

La troisième phase du cycle du combustible nucléaire est l'enrichissement de l'uranium. Actuellement, le pays enrichit une quantité d'uranium qui peut fournir 65% de la demande des recharges annuelles d'Angra 1. Le Brésil a déjà annoncé des plans pour agrandir son parc industriel, afin de répondre à toute la demande des centrales Angra 1, 2 et 3. Cette capacité accrue pourrait réduire la vulnérabilité extérieure tout en soutenant l'expansion de la génération nucléaire brésilienne prévue dans le PNE 2050. Les projections d'ABDAN pour 2026 indiquent que l'exportation d'uranium enrichi par le Brésil pourrait atteindre 2 millions de dollars/an.

Les améliorations suggérées par ABDAN pour les étapes de l'exploitation minière, de la conversion et de l'enrichissement passent par des changements dans la législation, pour permettre de nouveaux investissements et l'action du secteur privé. Ces étapes sont également actuellement sous monopole de l'État, qui est géré par l'État Industries nucléaires du Brésil (INB). L'association propose également des investissements pour renforcer le partenariat entre l'INB et le Centre technologique de la marine à São Paulo (CTMSP). Comme on le sait, les ultracentrifugeuses utilisées pour l'enrichissement de l'uranium ont été développées par le CTMSP en partenariat avec l'Institut de recherche énergétique et nucléaire (IPEN) et sont exploitées par l'INB à Resende (RJ). « Le Brésil peut jouer un rôle important en tant que fournisseur de carburant, non seulement pour les grandes centrales, mais surtout pour les petits réacteurs modulaires (SMR, dans le sigle anglais), qui sont des projets qui feront une disruption technologique dans le secteur de la production d'énergie » Il a conçu le président d'ABDAN.

LES PRINCIPALES PROPOSITIONS PRÉSENTÉES PAR L'ABDAN AUX CANDIDATS À LA PRÉSIDENTIE

Les actions visent le développement de la chaîne de production et l'expansion des projets de recherche et développement



PROPOSITION 1

L'Extension de la durée de vie d'Angra 1, modernisation d'Angra 2, l'achèvement de la construction de l'usine d'Angra 3

RÉSULTAT

Les investissements de

R\$27 milliards

ENTRE 2023 ET 2026

Avec un taux de nationalisation de 70 prévu pour Angra 3



PROPOSITION 2

Nouvelle centrale électrique de 1 GW dans le Sud-est, prévue dans le plan Décennale d'Expansion de Énergie 2031

RÉSULTAT

Les investissements de

US\$7 milliards

ENTRE 2027 ET 2030



PROPOSITION 3

L'Achèvement de la construction des centrales prévues dans le PNE 2050, qui a indiqué 8 GW de nouvelles centrales d'ici 2050

RÉSULTAT

Les investissements de

US\$ 56 milliards

En considérant que chaque centrale de 1 GW aurait besoin de 7 milliards de dollars en ressources



PROPOSITION 4

L'accroissement de la capacité d'enrichissement de l'uranium au Brésil

RÉSULTAT

2023-2026:

L'exportation de concentré d'uranium devra atteindre

22 millions USD/an

À COMPTER DE 2026 :

Les exportations d'uranium enrichi devront atteindre

2 millions USD/an



PROPOSITION 5

Assurer des ressources dans le budget de l'Union pour 2024, afin de permettre la conception et le début des travaux du RPB en 2023

RÉSULTAT

À PARTIR DE 2029:

Exportation vers l'Amérique Latine, l'Asie et l'Afrique

À PARTIR DE 2030:

Les importations de radio-isotopes primaires avec **la production interne à moindre coût et l'autosuffisance** accrue de ces intrants stratégiques.



PROPOSITION 6

Increase investments to L'accroissement des investissements dans l'achat de matériel d'irradiation par les entreprises, les coopératives et les associations de l'industrie.

RÉSULTAT

30% en réduction

des pertes dans l'agribusiness brésilien

Plus de 60 marchés pour lesquels le Brésil dispose déjà d'un commerce peuvent recevoir immédiatement des produits soumis à cette technologie.

Source: ABDAN, 2022

TECHNOLOGIE NUCLÉAIRE POUR LA SANTÉ ET L'ALIMENTATION

Outre le champ de production d'énergie, la technologie nucléaire a beaucoup d'autres applications qui peuvent garantir le bien-être de la société brésilienne. En médecine, par exemple, les sources radioactives sont des instruments qui agissent sur le diagnostic et le traitement du cancer. Dans le pays, selon les données du secteur, environ 2 millions de procédures de médecine nucléaire sont réalisées chaque année. À l'avenir, l'accès à ces services devrait encore croître. En avril, le Congrès national a promulgué l'amendement constitutionnel 118/2022, qui permet la production, la commercialisation et l'utilisation de tous les types de radio-isotopes à l'initiative privée. Sur le marché, il est entendu que cette modification de la législation permettra un plus grand nombre de services de médecine nucléaire dans tout le pays.

Dans le cahier des propositions pour les présidentiables, l'ABDAN affirme que la prochaine étape consiste à régler et à mettre en œuvre de manière appropriée la flexibilisation du monopole gouvernemental dans la production de produits radiopharmaceutiques. Toutefois, l'association estime également que le secteur public ne doit pas être exclu de cette équation : dans un scénario idéal, le segment privé devrait se consacrer à la fabrication des radiopharmaceutiques, tandis que le secteur public devrait concentrer ses efforts sur la préparation des radio-isotopes.

En ce sens, la suggestion pour les candidats à la présidence est que le Brésil devrait assurer des ressources dans le budget de l'Union pour l'année 2024, afin de rendre possible le projet et le début des travaux du réacteur brésilien multipropriété (RPB) en 2023. Le RPB est une entreprise qui vise à garantir l'autosuffisance du pays dans la production des radio-isotopes - éléments qui émettent des rayonnements et sont employés dans le diagnostic et le traitement de diverses maladies. Le projet a été présenté en 2008 et aurait dû être achevé en 2014. Mais faute de moyens financiers, les travaux n'ont même pas commencé.

Avec le RPB, le Brésil cesserait d'importer des radio-isotopes primaires à partir de 2030 et produirait ces substances en interne à moindre coût. En conséquence, les services médicaux auraient accès à une fourniture durable de radio-isotopes pour le diagnostic et la thérapie. En outre, l'excédent de production pourrait être exporté vers les pays d'Amérique latine, d'Asie et d'Afrique à partir de 2029.

« Le Brésil doit terminer le RPB pour ne pas être dépendant de l'importation de molybdène (l'un des principaux radio-isotopes utilisés en médecine nucléaire). Nous devons le produire ici au Brésil et réduire ainsi le risque

de change et les problèmes logistiques. Aujourd'hui, en cette période de crise mondiale, principalement à cause du conflit entre l'Ukraine et la Russie, nous sommes susceptibles de ne plus avoir les produits nécessaires pour traiter nos patients », a averti Celso Cunha.

En plus de garantir la santé de millions de Brésiliens, la source nucléaire peut jouer un autre rôle social crucial. L'utilisation de la technique d'irradiation alimentaire pourrait accroître la production agricole nationale. Pour ce faire, il faut augmenter les investissements pour l'achat d'équipements d'irradiation par des entreprises, des coopératives et des associations sectorielles.

L'ABDAN suggère de mettre en place une politique de financement et de soutien organisationnel pour l'acquisition de ces équipements. En outre, une autre proposition concerne la mise en œuvre d'actions médiatiques et de campagnes de sensibilisation sur l'importance et les avantages de l'irradiation appliquée à différents secteurs de production.

L'un des principaux avantages obtenus par l'extension de l'utilisation de cette technique serait la réduction des pertes de nourriture d'environ 30%. En outre, l'agro-industrie brésilienne verrait l'ouverture de nouveaux marchés consommateurs à l'étranger, étant donné que certains pays n'importent que certains aliments ayant subi le processus d'irradiation. Selon les données du ministère de l'agriculture, plus de 60 marchés pour lesquels le Brésil dispose déjà d'un commerce peuvent recevoir immédiatement des produits soumis à cette technologie.

« Le Brésil est aujourd'hui mondialement reconnu pour sa grande capacité de production alimentaire. Pourtant, nous gaspillons encore plus de 30 % de tout ce que nous produisons, que ce soit pour des problèmes logistiques ou pour des pertes dues à la maturation ou à la contamination. La technique d'irradiation est un moyen très sûr adopté par plusieurs nations. D'ailleurs, de nombreux pays n'acceptent d'acheter certains produits que s'ils ont été irradiés. Il est donc essentiel que le Brésil investisse dans ce domaine pour ouvrir de nouveaux marchés », a conclu le président de l'association.

Le projet produit par ABDAN contient également des propositions pour d'autres secteurs de l'industrie nucléaire, visant à développer la chaîne de production, à créer un site définitif pour les rejets radioactifs, à étendre les projets de recherche et de développement, et la préparation du pays à la production des SMR. « Le Brésil pourra suivre la trajectoire de la technologie de SMR et éventuellement développer des compétences pour un mode de production d'énergie avec moins de risque et plus de flexibilité d'exploitation et de distribution dans un pays de dimensions continentales », a finalisé Cunha. ■

LE RÔLE DES SMR AU BRÉSIL

**ENTRETIEN AVEC LE PRÉSIDENT DE L'EPE,
THIAGO BARRAL**



Les petits réacteurs modulaires (SMR) ont attiré l'attention de plusieurs pays en raison des avantages offerts par cette technologie. Au Brésil, le thème est déjà sur le radar de la Société de Recherche Énergétique (EPE), État qui produit des études qui aident à la planification énergétique du pays. Dans un entretien avec Connect Nuclear, le président de l'EPE, Thiago Barral, souligne comment les SMR pourraient contribuer à l'expansion du nucléaire au Brésil et souligne l'importance de la source pour le pays.

1 – Comment la question des SMR est-elle débattue au sein de l'EPE ?

L'élaboration du plan national 2050 pour l'énergie a mis en évidence l'importance de faire de l'énergie nucléaire une option très importante dans la transition énergétique, en complément des sources d'énergie renouvelables, des gains d'efficacité et des formes de réduction du carbone. Cette constatation vaut autant pour le monde que pour le Brésil. Le déplacement de nombreux pays vers des investissements dans l'énergie nucléaire a confirmé le bien-fondé de cette stratégie de planification énergétique du Brésil. Le PNS 2050 est également déterminé quant aux défis à relever. Les petits réacteurs modulaires (SMR) s'inscrivent dans ce contexte comme un concept qui a le potentiel de contribuer à la réduction des coûts et à l'augmentation de la compétitivité de la source nucléaire, ainsi que de rendre les projets de génération plus flexibles et plus polyvalents.

Dans l'EPE, conformément à notre planification stratégique et aux lignes directrices du PNE 2050, nous avons structuré un ensemble d'actions pour soutenir le Brésil dans les décisions quant à la participation de l'énergie nucléaire dans notre matrice, en particulier les investissements "post-angra 3" y compris la compréhension du rôle des SMR dans cette nouvelle phase de développement.

Nous avons détaché des professionnels pour consacrer plus de temps sur le thème de l'énergie nucléaire et nous avons promu des opportunités de renforcement des capacités, principalement dans les événements techniques au Brésil et à l'étranger. En parallèle, nous avons augmenté le

nombre de réunions avec des entreprises actives dans le secteur nucléaire. La coopération internationale a également été renforcée : nous avons un accord de coopération avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) pour des études sur les SMR, et nous avons un front de travail sur les SMR dans le cadre du Forum Brésil-USA de l'Énergie (USBEF).

Enfin, l'EPE est co-leader, en partenariat avec l'ABDAN, du Forum SMR, qui réunit diverses entreprises et institutions intéressées par le sujet.

2 – De votre point de vue, quelle serait la principale application des SMR dans la matrice brésilienne ?

En fait, les SMR couvrent un large éventail de réacteurs ainsi que différents niveaux de maturité. Il y a beaucoup de concepts en développement dans le monde entier, ce qui apporte une plus grande polyvalence et flexibilité aux projets de génération nucléaire. Ces caractéristiques signifient que les SMR ont plusieurs applications potentielles et peuvent être plus ou moins compétitives en fonction des besoins des systèmes énergétiques.

Je pense que le plus important c'est que les SMR constituent une stratégie de réduction des coûts par le biais de la modularisation et de stratégies constructives innovantes. La plus petite échelle des réacteurs peut également être utile pour faciliter le financement des projets de génération nucléaire en réduisant les risques de surcoût des projets.

J'estime également utile de mentionner que l'énergie nucléaire, étant suffisamment compétitive, est une option pour accroître la résilience climatique des systèmes électriques à base de sources d'énergie renouvelables en aidant à diversifier les sources de production, et peut contribuer à la sécurité énergétique en réduisant la dépendance aux combustibles fossiles.

3 – Les sources éoliennes et solaires sont variables et doivent être complétées par des centrales à faible émission. Les SMR pourraient-ils jouer ce rôle, puisque cette technologie promet d’offrir de la flexibilité ?

Les systèmes électriques du futur exigeront toujours plus de flexibilité, mais nous devons encore mieux comprendre le degré de flexibilité que les petits réacteurs modulaires peuvent offrir à la génération nucléaire. Des centrales nucléaires plus flexibles, que ce soit sur une échelle saisonnière ou intrajournalière, auront des conséquences sur l’équilibrage du système électrique. En étant plus flexible, la génération nucléaire peut certainement jouer un rôle très intéressant en complétant les énergies renouvelables. Sinon, la combinaison entre les énergies renouvelables et nucléaires nécessitera plus de stockage ou de réponse de la demande.

4 – La définition de l’emplacement des centrales nucléaires par le biais de la loi fédérale, conformément à la Constitution, est-elle une barrière d’entrée pour les SMR ?

En principe, c’est un défi à relever dans les futurs projets de génération nucléaire, qu’ils adoptent ou non le concept de SMR. En tout état de cause, les SMR peuvent contribuer à une plus grande flexibilité dans les études de site de nouvelles entreprises, en influençant le processus d’engagement des parties prenantes et en approuvant les sites futurs des projets.

5 – L’EPE et l’Agence Internationale de l’Énergie Atomique (AIEA) ont établi une coopération axée sur les études relatives aux SMR. Quels sont les résultats de ce travail jusqu’à présent ?

La coopération entre l’EPE et l’AIEA a pour objectif non seulement d’apporter des gains au processus d’inclusion des SMR dans les modélisations et les études en cours au Brésil, mais aussi de contribuer à l’expérience brésilienne dans la planification énergétique, de manière à ce que les produits disponibles à l’avenir par l’AIEA puissent être plus largement applicables à ses pays membres. Les activités menées dans le cadre de la coopération ont été importantes pour garantir la solidité conceptuelle de la méthodologie développée par l’EPE et pour veiller à ce qu’une telle méthodologie soit compatible avec celle produite à l’échelle internationale.

Ce souci de robustesse conceptuelle est pertinent en raison de la complexité du thème de l’énergie nucléaire, qui se révèle non seulement sous l’aspect technologique, mais sous plusieurs autres aspects importants pour la planification énergétique. La coopération avec l’AIEA doit être considérée comme un travail à plus long terme, étant donné que l’accord est en vigueur jusqu’en décembre 2024.

**“
DES CENTRALES
NUCLÉAIRES PLUS
FLEXIBLES AURONT DES
IMPLICATIONS DANS
L’ÉQUILIBRE DU SYSTÈME
ÉLECTRIQUE. POUR
CELA, LA GÉNÉRATION
NUCLÉAIRE PEUT AVOIR UN
RÔLE TRÈS INTÉRESSANT
DE COMPLÉTER LES
RENOUVELABLES
”**

6 – Comment se présentent les travaux de l’EPE dans le cadre du Forum permanent de la SMR, lancé conjointement avec l’ABDAN ?

Le Forum permanent de SMR a pour objectif de combler certaines lacunes dans les connaissances qui pourraient entraver le processus d’inclusion des SMR dans les modèles et les études réalisés au Brésil. Une grande partie de ces lacunes à combler est liée aux particularités du secteur nucléaire brésilien et aux caractéristiques technologiques associées aux avantages potentiels des SMR.

Il convient de souligner que bon nombre de ces informations ne sont pas publiques et qu’elles sont sous le contrôle de quelques institutions, y compris à la suite du stade actuel de maturité des SMR. Dans ce type de situation, le Forum permanent des SMR revêt une grande importance, car il permet à l’EPE de présenter les lacunes identifiées dans les connaissances. Le traitement approprié de ces lacunes offrira les conditions pour qu’un roadmap plus efficace soit construit pour les SMR au Brésil.

7 – Y a-t-il quelque chose que le Brésil doit faire pour garantir l’entrée de ce type de technologie dans l’avenir ?

Il est temps de faire ce diagnostic et de construire cet agenda. À cet égard, le forum SMR, co-dirigé par l’ABDAN et l’EPE, ainsi que d’autres initiatives de coopération, seront essentiels pour répondre à cette question avec plus d’assurance.

Au-delà de l’accroissement de la maturité technologique et de la compétitivité, il y a certainement des avancées nécessaires dans la représentation des SMR dans les études et la modélisation de la planification, ainsi qu’il sera probablement important d’évaluer la nécessité d’améliorer la législation et la réglementation. ■

LA STABILITÉ DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

LE BRÉSIL ET D'AUTRES PAYS AMPLIFIENT L'INTÉRÊT POUR LA SOURCE NUCLÉAIRE, D'OÛIL À LA DÉCARBONISATION DE LEURS MATRICES

La transition énergétique est la réponse apportée par les gouvernements et les entreprises du monde entier face au changement climatique. Face à la constatation que les émissions de sources polluantes - telles que le charbon et le pétrole - sont la cause du réchauffement de la planète, les pays consacrent désormais d'importants investissements à l'extension de l'utilisation d'énergies propres, à l'instar des sources éoliennes et solaires. Mais ce mouvement de transformation ne se limitera pas à ces deux technologies de génération. Dans une tendance récente, vue dans différents pays, l'énergie nucléaire a gagné en place dans les discussions sur cette transition. Pour le directeur de la Société de Recherche Énergétique (EPE), Giovanni Machado, la génération atomique jouera un rôle important dans la transition énergétique et dans la décarbonisation des économies mondiales - et ce ne sera pas différent au Brésil. Devant le Conseil d'Études Économique-Énergétique et Environnementale de l'EPE, Machado fait valoir que, bien que le Brésil ait déjà une matrice électrique à faible émission de carbone et à forte participation de renouvelables, le nucléaire devra être plus utilisé à partir de maintenant, à la fois pour contribuer à la réduction des émissions de carbone et pour améliorer encore la stabilité de l'approvisionnement en électricité dans le pays.

« Au-delà du renforcement de la décarbonisation, le nucléaire contribuera à la sécurité énergétique, à la fiabilité du système, aux débordements technologiques vers d'autres secteurs, au couplage des marchés et à la résilience climatique des systèmes électriques », a-t-il estimé. Machado rappelle également que la pénurie d'eau vécue au Brésil en 2021, qui a réduit le volume des réservoirs hydroélectriques à des niveaux préoccupants, a rendu évidente l'importance que la génération thermonucléaire peut avoir dans la sécurité énergétique et la fiabilité du système. « En particulier, la participation accrue du nucléaire à la matrice électrique pourrait permettre une modification du rôle de fonctionnement des hydroélectriques avec réservoir, en reprenant son rôle de donner de la flexibilité au système électrique brésilien avec une plus grande participation de renouvelables variables et saisonnières. Sans le nucléaire, ce rôle devra être fait par des thermiques fossiles et/ou des systèmes de stockage de l'énergie, probablement plus com-

plexes », a-t-il estimé.

Face à ce contexte, la planification énergétique brésilienne a déjà commencé à se déplacer vers une plus grande place pour le nucléaire dans l'expansion de la production d'énergie du pays. Comme le marché le sait déjà, le plan national pour l'énergie (PNE) 2050 et le plan décennal pour l'énergie (PDE) 2031 mettent en évidence et évaluent les effets et l'importance du nucléaire pour la matrice brésilienne. Le PDE 2031 inclus a déjà indiqué la construction d'une nouvelle centrale thermonucléaire de 1 GW dans le sud-est jusqu'à la fin de la décennie. À l'avenir, l'EPE poursuivra également ses travaux sur la source.

« L'EPE cherche également à renforcer ses expertises dans les études de sélection de sites [nucléaires], ce qui devrait être réalisé en 2023 auprès de l'EPRI [Electric Power Research Institute] », a déclaré. La société de planification de l'énergie a également rejoint le groupe de travail technique sur l'énergie nucléaire dans les systèmes à faible émission de carbone de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dans le but d'obtenir des échanges internationaux de connaissances et des gains d'expertise supplémentaires sur le sujet.

La résurgence des projecteurs sur le nucléaire n'est pas un mouvement vu seulement au Brésil. L'année dernière, lors de la COP-26, la source a également fait l'objet d'une attention particulière lors des débats sur la transition énergétique. Ces discussions doivent à présent être approfondies face aux récents bouleversements géopolitiques en Europe. « Avant le conflit entre la Russie et l'Ukraine, plusieurs pays avaient déjà indiqué que l'énergie nucléaire ferait partie des alternatives de production d'électricité dans la transition énergétique. Les États-Unis, le Canada, le Royaume-Uni, la France et le Brésil eux-mêmes avaient déjà annoncé que l'énergie nucléaire jouerait un rôle important dans la transition énergétique. C'est devenu plus évident sur la COP26 à Glasgow », a déclaré Machado. Selon le directeur de l'EPE, la confrontation militaire en Europe a davantage mis en évidence le poids de la génération nucléaire dans la décarbonisation des économies et dans la sécurité énergétique.

Le Brésil et les autres pays qui maîtrisent la technologie nucléaire pour produire de l'énergie sont également atten-

tifs aux nouveaux développements technologiques dans le secteur. En ce sens, les petits réacteurs modulaires (SMR) sont la nouveauté la plus évidente. Pour Machado, ce nouveau type de technologie apporte beaucoup d'espoir pour l'extension du rôle de l'énergie nucléaire dans la transition énergétique et dans une économie décarbonisée, y compris avec la complémentarité avec les renouvelables. « Ainsi, il est possible d'avoir à l'avenir des sites dont certains SMR sont agrégés ou progressivement retirés de la prise en charge en fonction de la variabilité des renouvelables, ainsi qu'intégrés à la production d'hydrogène à faible teneur en carbone. Tout cela augmenterait la flexibilité du système dans son ensemble. Enfin, plusieurs modèles d'exploitation et d'affaires peuvent être évalués et adoptés », a-t-il conçu.

Enfin, le directeur de l'EPE souligne que la compétitivité et la réduction du temps de construction sont des aspects fondamentaux qui doivent être travaillés pour que le nucléaire participe activement à ce mouvement de transition énergétique au Brésil et dans le monde. La reprise de l'expansion, la consolidation des exigences en matière de sécurité et d'octroi de licences pour les réacteurs et la standardisation des méthodes de construction sont également essentielles pour obtenir une échelle et avancer dans la courbe d'apprentissage. « En particulier, le port, la modularisation, la standardisation et la simplicité des concepts des SMR cherchent justement à accroître la compétitivité et à réduire le temps de construction de nouvelles plantes nucléaires », a-t-il ajouté.

En outre, Machado voit qu'il faudra chercher

« AU-DELÀ DE RENFORCER LA DÉCARBONISATION, LE NUCLÉAIRE CONTRIBUERA À LA SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE, À LA FIABILITÉ DU SYSTÈME, AUX DÉBORDEMENTS TECHNOLOGIQUES VERS D'AUTRES SECTEURS, AU COUPLAGE DES MARCHÉS ET À LA RÉSILIENCE CLIMATIQUE DES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES. »

GIOVANI MACHADO,
DIRECTEUR DES ÉTUDES DE L'EPE

l'engagement des stakeholders et la communication avec la société pour rendre possible des projets d'énergie nucléaire, y compris pour des études de site. « Au Brésil en particulier, il est nécessaire de compléter les améliorations institutionnelles, légales et réglementaires ainsi que de définir le modèle d'entreprise pour la participation privée dans l'industrie nucléaire brésilienne. Plusieurs actions importantes ont été menées ces dernières années par le gouvernement brésilien, surtout en 2021 et 2022, pour permettre la reprise de l'industrie nucléaire », a-t-il poursuivi. ■



LA TECHNOLOGIE QUI POUSSE

CONSTRUCTION DE CENTRALES NUCLÉAIRES EMBARQUÉES MÈNERA À UN ENTRAÎNEMENT TECHNOLOGIQUE DANS PLUSIEURS DOMAINES DE LA SOCIÉTÉ BRÉSILIENNE

Parmi les nombreux trésors généreux que la nature a accordé au Brésil, l'un des plus beaux et précieux est certainement son littoral de près de 7,4 mille km. Au-delà de la côte, la zone économique exclusive (ZEE) brésilienne, notre Amazonie bleue, abrite une biodiversité marine dense, en plus de nos réserves de pétrole et de gaz du précurseur prolifique. Transformer toutes ces richesses en bénéfices pour la société n'est pas le seul défi dans les mains du Brésil. Le pays a également concentré ses efforts pour assurer sa souveraineté sur ce vaste territoire maritime. À cet égard, l'une des principales initiatives est le programme de développement de sous-marins marins marins (PROSUB), qui prévoit la construction de quatre sous-marins conventionnels et le sous-marin nucléaire tant attendu. Considéré comme un jalon dans l'histoire de la Force navale brésilienne, le sous-marin nucléaire Álvaro Alberto (SN-BR) élèvera le niveau de la défense côtière du pays. En même temps, la boussole qui guide la Marine dans la conception du navire indique également un certain nombre d'autres avantages ultérieurs à partir de la construction de l'usine nucléaire embarquée du SN-BR. C'est ce qu'affirme le directeur de l'Agence Navale de Sécurité Nucléaire et de Quali-

té (Agnsnq), contre-amiral Humberto Moraes Ruivo. Selon lui, la future centrale nucléaire du sous-marin pourrait être le point de départ pour le développement de technologies avec de nombreuses applications, de la production d'énergie dans les régions reculées à la production de ce qui est considéré comme le combustible du futur - l'hydrogène.

Le contre-amiral Rouquin dirige l'Agnsnq depuis le début des travaux de l'Agence en 2018. L'organisme est conçu pour intervenir dans la réglementation et la surveillance de la sécurité des installations navales à propulsion nucléaire. L'entité supervise également l'assurance de la qualité des produits et systèmes navals de défense. Le directeur de l'agence rappelle que les initiatives de la Force navale brésilienne pour le développement de centrales nucléaires embarquées provenaient du Programme nucléaire de la marine (PNM). « Le chalutage technologique résultant de cet effort [du PNM] a jeté les bases de l'utilisation de technologies nucléaires en mer en créant des capacités dans le pays pour les secteurs liés à la production de combustible nucléaire, la construction de centrales nucléaires pour la propulsion navale et d'autres types de réacteurs nucléaires. Beaucoup de technologies, matériaux, systèmes et équipe-



Crédito: Acervo ICN

ments développés ont également une application en milieu civil, contribuant à la génération d'emplois et de revenus, en plus du bien-être de notre société", a-t-il déclaré.

Pour Ruivo, les centrales nucléaires embarquées dans des structures flottantes qui peuvent être déplacées vers des régions reculées par la mer ou par les rivières navigables sont déjà une réalité. Dans le cas du Brésil, en particulier, le réacteur conçu pour le SN-BR laissera une trace de la connaissance technologique, permettant le développement d'une technologie qui est actuellement très à la mode dans l'industrie mondiale de l'énergie : les petits réacteurs modulaires (Smrs, dans le sigle en anglais). « La centrale nucléaire embarquée en cours de développement pour le sous-marin nucléaire brésilien pourrait être le point de départ pour le développement de SMR, qui ont des applications de génération et de cogénération d'énergie dans les régions éloignées, applicable dans l'approvisionnement de petites communautés, désalinisation, production d'hydrogène, chauffage et refroidissement de district », a estimé.

La marche pour sortir le SN-BR du papier et atteindre tous ces développements technologiques a déjà commencé. Du côté de l'Agnsq, la mission sera de diriger l'ensemble du processus de réglementation et de licence nucléaire du sous-marin Álvaro Alberto, la première centrale nucléaire embarquée du Brésil. Ici, il vaut mieux faire un ajout pour mieux comprendre. Les entreprises et activités à caractère militaire sont exemptées de licences environnementales, mais pas de licences nucléaires. Pourtant, toute la législation relative au risque de contamination des personnes et de l'environnement est appliquée aux projets en cours de développement par la Marine. Déjà dans les centrales nucléaires non militaires possibles, la procédure d'autorisation environnementale prévue par les normes brésiliennes sera respectée.

Le contre-amiral Ruivo explique que, compte tenu de l'inventivité de la tâche consistant à délivrer une licence pour un navire à propulsion nucléaire, une procédure d'octroi de licences partielles a été mise en place pour adapter les activités de conception et de construction aux activités de licence. Selon lui, cela permet aux organisations impliquées dans le projet et la construction et à l'Agnsq de travailler plus efficacement.

« En novembre 2021, la Première Licence Partielle de Construction du Premier Sous-marin

Conventionnellement Armé et de Propulsion Nucléaire a été Délivrée. Le processus de demande de la deuxième licence partielle de construction est actuellement en cours. Avec ces deux licences, l'organisation responsable de l'obtention du sous-marin armé conventionnellement et de propulsion nucléaire (Coordination générale du sous-marin à propulsion nucléaire - COGESN, demandeur de la licence) vise à satisfaire aux exigences pour le début de la construction de la coque résistante du sous-marin », il a raconté.

En parallèle, l'Agnsq travaille également à élaborer, réviser et proposer des normes pour les installations navales avec des centrales nucléaires embarquées. Selon le directeur de l'agence, une structure générale, fondée sur la structure normative de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), a été mise en place. Parmi les domaines couverts par la structure réglementaire figurent la radioprotection et la sûreté des sources radioactives, l'analyse de sécurité, le démantèlement et la gestion des déchets radioactifs, la préparation et la réaction aux urgences nucléaires et radiologiques navales, centrale de propulsion nucléaire navale, sécurité d'immersion, sécurité d'exploitation et de maintenance. « Sur cette base, 24 normes ont été élaborées jusqu'au moment. Le processus de production de normes est continu et permanent, afin de soutenir le processus d'autorisation déjà engagé pour l'obtention par construction dans le pays du premier sous-marin armé conventionnellement et à propulsion nucléaire », a-t-il expliqué.

Comme c'est pratique dans toutes les branches de l'industrie nucléaire mondiale, la question de la sécurité est cruciale dans le développement et l'exploitation de plantes de génération atomique sur les navires. Le contre-amiral Ruivo détaille que l'Agnsq assurera également le suivi d'une éventuelle réponse à l'urgence nucléaire et radiologique navale, par l'intermédiaire du Centre de suivi des urgences (CARE). « Pour l'opération du Centre, avec toutes ses fonctionnalités, un système informatisé et géoréférencé, le Siscare, a été développé par l'Institut de recherches maritimes, qui permet le suivi en temps réel d'ENRN (urgence nucléaire et radiologique navale). Des formations d'ENRN sont programmées et menées dans le but de familiariser toutes les personnes impliquées dans ces urgences avec leurs attributions et les procédures prévues dans les normes produites par l'Agnsq », le directeur a finalisé. ■

UNE ROUTE NÉCESSAIRE

LE NUCLÉAIRE EST UN ÉLÉMENT CLÉ POUR PERMETTRE LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE PROPRE À GRANDE ÉCHELLE, MAIS IL MANQUE ENCORE DES POLITIQUES INCITATIVES

Les changements climatiques imposent un sentiment d'urgence dans la prise de décision pour la décarbonisation de la planète, et l'industrie de l'énergie jouera un rôle de premier plan dans cette course contre le temps pour freiner le réchauffement climatique. Face au défi - rien de trivial - de réduire la dépendance actuelle aux combustibles fossiles, une solution attire de plus en plus l'attention des gouvernements, des entités scientifiques et des entreprises : l'hydrogène (H₂). Considéré comme le « carburant de l'avenir », son potentiel énergétique a attiré les regards et encouragé les investissements dans plusieurs pays, et plusieurs voies pour la production d'hydrogène sont étudiées - certains d'entre eux supposent même l'utilisation de sources fossiles comme le gaz naturel. Cependant, les routes technologiques les plus visibles sont celles qui ne génèrent pas d'émissions, utilisant des sources comme l'énergie éolienne, solaire et nucléaire. Les données de Wood Mackenzie montrent que la demande en H₂ devrait augmenter de six fois d'ici 2050 par rapport aux niveaux de 2020. Pour placer le Brésil dans cet effort international en faveur de l'hydrogène, des sociétés comme Electronuclear cherchent des partenariats et des échanges avec d'autres institutions sur le sujet. C'est ce qu'affirme la coordinatrice de Recherche, Développement et Innovation (R D & I) de l'entreprise, Karla Lepetitgaland. Elle voit un grand potentiel dans la production d'hydrogène à partir de l'utilisation de l'énergie nucléaire, mais elle reconnaît qu'il existe encore des défis réglementaires et des incitations pour rendre cette route viable. En parallèle, l'expert rapporte également qu'Electronuclear vient de faire de nouveaux pas dans un projet visant à démontrer la faisabilité du développement d'une usine de remise en état de H₂ à la centrale d'Angra dos Reis (RJ).

Karla affirme que les estimations actuelles du marché indiquent que l'hydrogène sera responsable de 8% de la réduction des émissions de carbone du monde d'ici 2050, en partant du principe que 60% de ce vecteur énergétique sera produit à partir de sources propres telles que les énergies renouvelables et le nucléaire. L'hydrogène à faible émission générée à partir de l'utilisation de l'électricité des

centrales éoliennes et solaires est une route qui a été prioritaire par les pays en général. Cependant, bien que ce choix soit prometteur, il devra relever des défis.

« La génération éolienne et solaire est variable, c'est-à-dire, ne produit pas d'énergie tout le temps. Alors, comment s'assurer que l'électricité utilisée pour produire l'hydrogène sera entièrement renouvelable, compte tenu de la variabilité de ces sources ? » Karla a questionné. L'expert rappelle que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie en soi, mais un vecteur énergétique. « La production d'H₂ doit être alimentée par une source. Cependant, actuellement, il n'y a pas de volume d'énergie renouvelable qui reste dans le monde à être employé dans la production d'hydrogène », a-t-elle considéré.

Face à la faible disponibilité de surplus énergétique, projets spécifiques d'hydrogène propre à partir de la source nucléaire seraient une alternative. « L'énergie hydroélectrique est entièrement utilisée, les énergies renouvelables sont variables et les sources thermiques génèrent des émissions. Donc, nous savons que la route qui n'émet pas de carbone et qui peut fournir de l'énergie de façon ferme pour une usine d'hydrogène serait le nucléaire », a indiqué Karla. Dans ce contexte, elle détaille également que de petits réacteurs modulaires (SMR, dans le sigle anglais) pourraient être utilisés de manière dédiée pour approvisionner une usine de production d'H₂, par exemple. « À l'aide des SMR, la génération d'hydrogène serait indépendante de l'électricité circulant dans le réseau. Les réacteurs modulaires permettraient une production ininterrompue et distribuée, sans émissions de gaz à effet de serre », a-t-elle estimé.

Selon la coordinatrice de R&D d'Electronuclear, le Brésil doit maintenant faire un pas en avant pour encourager et stimuler la recherche impliquant la route technologique de l'hydrogène à faible émission à partir de sources nucléaires. « Le pays doit suivre ce qui se passe dans le monde entier en termes d'investissement en R&D dans les domaines de la production d'hydrogène et SMR. Ces ressources font défaut. Je crois donc que la voie à suivre consiste à investir dans des politiques pu-



L'HYDROGÈNE SERA RESPONSABLE DE 8% DE LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CARBONE DANS LE MONDE ENTIER D'ICI 2050, SI L'ON PART DU FAIT QUE 60% DE CE VECTEUR ÉNERGÉTIQUE SERA PRODUIT GRÂCE AUX SOURCES PROPRES, COMME LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET LE NUCLÉAIRE.

bliques de stimulation de la recherche et du développement dans le secteur nucléaire en général et dans la production d'hydrogène », a-t-il estimé.

Parallèlement, Karla déclare également que d'autres politiques liées à l'H₂ doivent être développées, indépendamment de la voie technologique choisie. En 2021, la Société de recherche énergétique (EPE) a publié un document intitulé "Bases pour la consolidation de la stratégie brésilienne de l'hydrogène". L'expert rappelle que ce travail souligne la nécessité de renforcer les bases technologiques, de renforcer les ressources humaines, de créer des références en termes de sécurité et de développement de marchés où le vecteur énergétique peut être appliqué. « Il y a déjà quelques projets de R&D dans le pays qui, même avec de faibles volumes de production, ont des difficultés à écouler l'hydrogène. Alors il ne suffit pas de savoir qu'il existe une demande. Il faut avoir un flux pour écouler cet hydrogène », a-t-elle souligné.

UNE COMMUNAUTÉ AUTOUR DE L'HYDROGÈNE NUCLÉAIRE

Les usines d'Angra disposent d'un système de production d'hypochlorite de sodium, substance utilisée pour éviter

la prolifération de bioincrustants dans les tuyauteries et les équipements des usines. Le sous-produit de ce processus est l'hydrogène et une possibilité examinée par Electronuclear est à l'avenir d'implanter une usine d'amélioration pour élever le degré de pureté de cet hydrogène de 95% actuellement à 99,99% - étape qui ouvrirait une gamme d'utilisations possibles de ce gaz. Pour sortir ce projet du rôle, la société a commencé en avril, en partenariat avec FURNAS et le parc technologique d'Itaipu, une étude complète pour évaluer la faisabilité technique, la sécurité et les applications possibles de cet hydrogène.

« L'Electronuclear ne veut pas seulement développer cette étude, mais notre idée est de réunir une communauté autour de ce thème de l'hydrogène nucléaire », a déclaré la coordinatrice de R&D de l'entreprise. « Depuis le début, nous recherchons des partenariats avec des institutions qui ont de l'expérience dans l'hydrogène dans ses diverses facettes. En plus de ces partenariats, Electronuclear établit des protocoles d'accord avec diverses institutions internationales et nationales, dont la portée inclut également l'hydrogène », a-t-elle ajouté.

Au début de juin, les équipes d'Itaipu et FURNAS ont visité les systèmes de génération de H₂ à Angra dos Reis, avec l'équipe du projet d'électronucléaire. « Nous allons recueillir tous les paramètres nécessaires et le résultat final doit être publié d'ici Décembre. Dans l'intervalle, plusieurs rapports seront produits pour mettre en évidence la viabilité économique, les avantages environnementaux, les coûts de déploiement et les scénarios possibles d'application de cet hydrogène. », a-t-elle conclu. ■

LES RÉACTEURS DU FUTUR

LA CHINE COMMENCE LES ESSAIS SUR UN MODÈLE DE RÉACTEUR QUI A LE POTENTIEL DE RÉVOLUTIONNER LA PRODUCTION D'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'industrie nucléaire mondiale a les yeux tournés vers la Chine pour des raisons évidentes. Le géant asiatique a un objectif audacieux de construire 150 réacteurs dans les 15 prochaines années - un plan solide de Pékin pour réduire sa dépendance à de nombreuses sources polluantes comme le charbon. Cependant, ce n'est pas seulement la taille de la flotte de nouvelles usines nucléaires chinoises qui attire l'attention des chercheurs et des membres de l'industrie nucléaire mondiale. Récemment, le pays a annoncé le début des tests d'un type particulier de technologie qui a depuis longtemps suscité l'intérêt de spécialistes de l'énergie nucléaire : le réacteur à sel fondu. Le concept technique de ce type d'équipement est déjà bien connu dans le secteur, qui a essayé d'atteindre la viabilité dans certains projets à partir des années 50, mais n'a pas réussi à l'époque. Mais ces efforts du passé n'ont pas été vains. C'est ce qu'affirme le physicien et professeur du programme d'ingénierie nucléaire de l'Université Fédérale du Rio de Janeiro (UFRJ), Aquilino Senra. À partir des dernières avancées, les chercheurs chinois espèrent obtenir de bons résultats dans ce nouveau cycle d'expériences avec ce type de réacteur. Si les tests réussissent, une grande fenêtre de possibilités sera ouverte en ce qui concerne les possibilités d'utilisation de l'énergie nucléaire - et le Brésil pourrait à un moment ou à un autre bénéficier de cette course technologique.

Selon Senra, il existe de nombreux avantages du réacteur à sel fondu par rapport aux types de réacteurs en fonctionnement dans le monde. « Pour être bref, je ne citerai que quelques avantages que je considère comme les plus importants : le rendement thermique élevé; la faible production de résidus due à la possibilité d'élimination des produits de fission pendant l'opération du réacteur; et la recharge continue du combustible nucléaire, sans qu'il soit nécessaire d'arrêter le réacteur », en détail. Le professeur mentionne également que les réacteurs à sel fondu éliminent la nécessité de fabriquer des éléments combustibles, comme c'est le cas dans les réacteurs actuels. « Cela rendra le cycle du combustible nucléaire plus simple et à moindre coût », a-t-il ajouté.

Globalement, l'une des principales caractéristiques du réacteur à sel fondu est le combustible utilisé pour produire de l'énergie. À la différence de l'uranium traditionnel, l'équipement utilise le thorium, un matériau existant en abondance dans la nature. En outre, une autre distinction est la façon dont ces unités sont refroidies, avec l'utilisa-

tion de sels qui agissent comme fluides frigorigènes.

Le professeur de l'UFRJ estime que les réacteurs à sel fondu devraient être utilisés principalement dans la production et le stockage d'énergie. Pourtant, la liste des applications n'est pas exhaustive. Grâce à sa capacité à produire de la chaleur à haute température, la technologie pourra être utilisée à l'avenir pour la production d'hydrogène, grâce à la voie chimique du procédé de thermolyse (réaction qui se produit lorsqu'une substance chimique est chauffée et se décompose en au moins deux autres substances). « Le réacteur à sel fondu peut également être utilisé pour la propulsion nucléaire en raison de l'espace physique réduit et du poids de ce type de réacteur, résultant de la faible pression de fonctionnement, ainsi que la sécurité de fonctionnement et les coûts de construction », a terminé Senra.

L'expert rappelle que, comme toute technologie innovante, les défis des réacteurs à sel fondu sont importants et ils auront besoin également de la démonstration de leur faisabilité selon le niveau de maturité de la technologie. « Ce sont encore des projets avec peu de développement par rapport à la plupart des projets de réacteurs nucléaires avancés », a-t-il rappelé.



L'un des principaux risques est la corrosion des composants du réacteur. Selon Senra, les sels fusionnés ont besoin d'une gestion rigoureuse pour réduire cette possibilité. Le professeur explique que cela est particulièrement complexe dans les cas de projets de construction avec du sel fondu roulant dans le système de refroidissement du réacteur. « Dans les projets de production de sel fondu roulant, les radionucléides dissous dans le combustible entrent en contact avec les pompes, les échangeurs de chaleur et les valves, ce qui nécessitera une maintenance à distance plus coûteuse », a-t-il ajouté. Une autre préoccupation est liée à l'apparition du tritium pendant l'exploitation du réacteur, ce qui pourrait entraîner des risques pour les opérateurs de la plante. Le tritium est un isotope radioactif de l'hydrogène qui peut pénétrer dans les systèmes secondaires, exposant les travailleurs aux radiations.

Bien que ces défis intrinsèques existent, le secteur de l'énergie nucléaire s'intéresse de près aux expériences qui seront menées en Chine. Le réacteur à sel fondu du pays est situé dans la province de Gansu. En tant qu'usine pilote expérimentale, sa capacité est très petite, de seulement 2 Mwt. « Des tests importants doivent encore être effectués avant que la technologie puisse être commercialisée à l'avenir. Il y a des défis inhérents à cette nouvelle technologie et l'usine pilote chinoise servira à vérifier l'adéquation du projet », évalue Senra. Le professeur de

L'UNE DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DU RÉACTEUR À SEL FONDU EST LE COMBUSTIBLE UTILISÉ POUR PRODUIRE DE L'ÉNERGIE. À LA DIFFÉRENCE DE L'URANIUM TRADITIONNEL, L'ÉQUIPEMENT UTILISE LE THORIUM, MATÉRIAU EXISTANT EN ABONDANCE DANS LA NATURE.

l'UFRJ estime qu'une fois que le fonctionnement de ce prototype est approuvé, la première version commerciale du réacteur à sel fondu de Chine, d'une puissance de 100MWt, pourra être mise en service après 2030.

Par contre, les Chinois ne sont pas les seuls à participer à cette course technologique. D'autres pays comme le Canada, la France, les États-Unis, le Japon, la Russie et le Royaume-Uni développent également des projets de réacteurs à sel fondu. Une fois que l'efficacité de la technologie a été démontrée, ces nations s'attendent à construire ce type de réacteur pour produire de l'électricité et d'autres applications possibles.

Le Brésil, quant à lui, il ne doit pas rester en dehors de cette nouvelle frontière technologique dans la génération nucléaire. Pour Senra, le rôle brésilien dans ce contexte de réacteurs à sel fondu est prometteur, car le pays possède de grandes réserves de thorium. Dans l'évaluation du physicien, en plus d'exporter le minerai, le Brésil pourrait même concevoir et construire un réacteur nucléaire au sel fondu, alors que le pays aura déjà une matrice énergétique avec une plus grande participation de la source nucléaire. « Ce qui ne peut être le cas, c'est que le Brésil se limite à être un simple exportateur de thorium sur le marché international. Quoi qu'il en soit, il reste un long chemin à parcourir pour l'introduction de cette nouvelle technologie dans le pays », a-t-il conclu. ■



EN ÉLARGISSANT LES RÉSERVES

LE CONGRÈS DISCUTE DE PROJET DE LOI QUI PERMETTRA L'EXPLOITATION MINIÈRE DE L'URANIUM ET D'AUTRES RESSOURCES SUR LES TERRES INDIGÈNES



Le Brésil notamment se détache dans le monde en termes de ressources minérales. Si on parle de l'avancée des recherches géologiques sur notre territoire, on voit qu'il y a une tendance à atteindre de nouvelles et plus grandes échelles dans l'avenir en ce qui concerne le volume de ces richesses naturelles. Lorsque nous avons lancé une loupe sur un minerai particulier, l'uranium, le pays possède actuellement la neuvième plus grande réserve de cette ressource sur la planète et, selon les estimations du marché, il pourrait atteindre la deuxième place de ce classement. À cette fin, le Service Géologique du Brésil (SGB-CPRM) a récemment créé un nouveau front de recherche et de cartographie du potentiel uranien brésilien. Élargir cette connaissance géologique dans le pays répondra aux futurs besoins du programme nucléaire brésilien, qui demandera de plus en plus d'uranium pour approvisionner les réacteurs de nouvelles centrales et d'autres entreprises radioactives. Cependant, une partie du potentiel minéral du pays ne peut pas encore être étudiée pour des raisons juridiques, étant donné que certaines de ces réserves d'uranium peuvent être situées à l'intérieur de terres indigènes. La Constitution stipule que l'exploitation minière doit être réglementée par la loi et doit être autorisée par le Congrès

National. Plus de 30 ans après la promulgation de la Charte Magna, quelques tentatives de réglementation du sujet ont été entreprises, mais toutes sans succès. Maintenant, le gouvernement fédéral fait un nouvel investissement dans cette direction, en proposant un projet de loi (PL) qui vise à débloquer les questions juridiques qui empêchent encore la réalisation de l'exploitation minière dans ces domaines.

Le PL (projet de loi) 191/2020 a été présenté par le gouvernement en février 2020 et fait actuellement l'objet d'une procédure devant la Chambre des députés, dans l'attente de la création d'une commission temporaire pour discuter de la proposition. Dans les grandes lignes, le projet de loi établit les conditions spécifiques pour la réalisation de l'étude et du labourage des minéraux et des hydrocarbures sur les terres indigènes. En outre, le PL ouvre également la voie à l'exploitation des ressources en eau pour la production d'énergie dans ces localités.

Lilia Sant'Agostino, la secrétaire adjointe au Secrétariat de la Géologie, de l'Exploitation Minière et de la Transformation Minérale du Ministère des Mines et de l'Énergie, elle dit qu'il n'est pas encore possible de quantifier quel serait l'impact sur les réserves brésiliennes d'uranium à partir de la libération de la recherche minière sur les terres

« CE QUE NOUS POUVONS DIRE, C'EST QU'IL EXISTE DES POTENTIELS D'URANIUM ASSOCIÉS AUX RÉGIONS OÙ IL Y A UNE FORTE DENSITÉ DE TERRES INDIGÈNES. ET LÀ, IL POURRAIT CERTAINEMENT Y AVOIR UN IMPACT POSITIF SUR NOS RÉSERVES. »

**LILIA SANT'AGOSTINO,
SECRÉTAIRE ADJOINTE DU
SECRÉTARIAT DE GÉOLOGIE, DES
MINES ET DE TRANSFORMATION
MINÉRALE DU MINISTÈRE DES
MINES ET DE L'ÉNERGIE (MME)**

indigènes. Même en raison du fait qu'il existe une limite à la connaissance de ce potentiel, étant donné que le SGB-CPRM n'a pas encore accès à ces localités pour le développement d'études permettant une meilleure approche de ces ressources minérales. « Ce que nous pouvons affirmer c'est qu'il existe des potentiels d'uranium associés aux régions où il y a une forte densité de terres indigènes. Cela pourrait certainement avoir un impact positif sur nos réserves », a-t-elle prévu.

La représentante du Ministère des Mines et de l'Énergie déclare que l'absence de réglementation sur l'exploitation minière et la production d'énergie par source d'eau sur le territoire indigène cause des dommages au Brésil, tels que l'insécurité juridique, les risques pour la vie et la santé, outre le non-paiement de compensations financières et de taxes. Par conséquent, elle croit que le PL 191/2020 porte les bases légales nécessaires qui peuvent rendre ces activités possibles sur les terres indigènes.

« Ce projet de loi contient plusieurs dispositions de la Constitution. La réglementation prévoit que des études préalables seront réalisées pour évaluer réellement le potentiel minéral et hydroélectrique d'une réserve indigène donnée. Le projet prévoit également la réalisation de huit avec la population vivant sur ces terres et établit les procédures pour l'autorisation éventuelle du Congrès national, pré-

vue par la Constitution, pour les entreprises dans les domaines de l'exploitation minière et la production d'énergie hydroélectrique », a déclaré. Lilia souligne que le PL propose également une rémunération dans les communautés autochtones où ces activités économiques sont menées. « Ces préceptes sont inscrits dans la Constitution et ont été apportés au PL », a-t-elle ajouté.

La secrétaire de MME souligne également que le projet de loi apporte quelques points supplémentaires, comme le paiement d'indemnités aux communautés autochtones touchées par la restriction de l'usufruit sur leurs terres. Un autre point abordé dans le PL propose la création d'un conseil conservateur pour permettre aux indigènes eux-mêmes de répartir les ressources financières entre les représentants légitimes des communautés. Lilia soutient en outre que la création de ces conseils permettra à la population locale de définir la meilleure façon d'utiliser ces montants versés à titre d'indemnisation et de redevances. Enfin, le projet de loi ouvre la possibilité pour les indigènes d'exploiter économiquement leurs terres, dans des activités telles que l'agriculture, l'élevage, l'extraction et le tourisme.

L'idée est de permettre un progrès et un développement sous tous ses aspects pour cette population. Beaucoup de ces communautés vivent isolées dans des conditions de sous-développement », affirme Lilia. Au total, selon les données les plus récentes de la Fondation Nationale de l'Indigène (Funai), il y a 727 terres indigènes à différents stades du processus de délimitation au Brésil. Sur ce total, quelque 480 zones ont déjà été totalement approuvées.

Lilia attire l'attention sur l'expérience internationale, notant que dans les pays développés, il existe une coexistence pacifique et conciliante entre les activités économiques et les communautés locales - et, dans la plupart des cas, cette relation devient en muitos casos indigènes. La secrétaire du MME cite le cas du Canada. Selon elle, les fournisseurs privés de l'industrie minière de ce pays sont les principaux employeurs de la population indigène canadienne. « Il y a environ 500 contrats entre les indigènes et les mines, qui composent une base de données de Natural Resources Canada. Ces accords sont spécifiques et reflètent les intérêts des Indiens et les contraintes de l'activité minière », a-t-il ajouté.

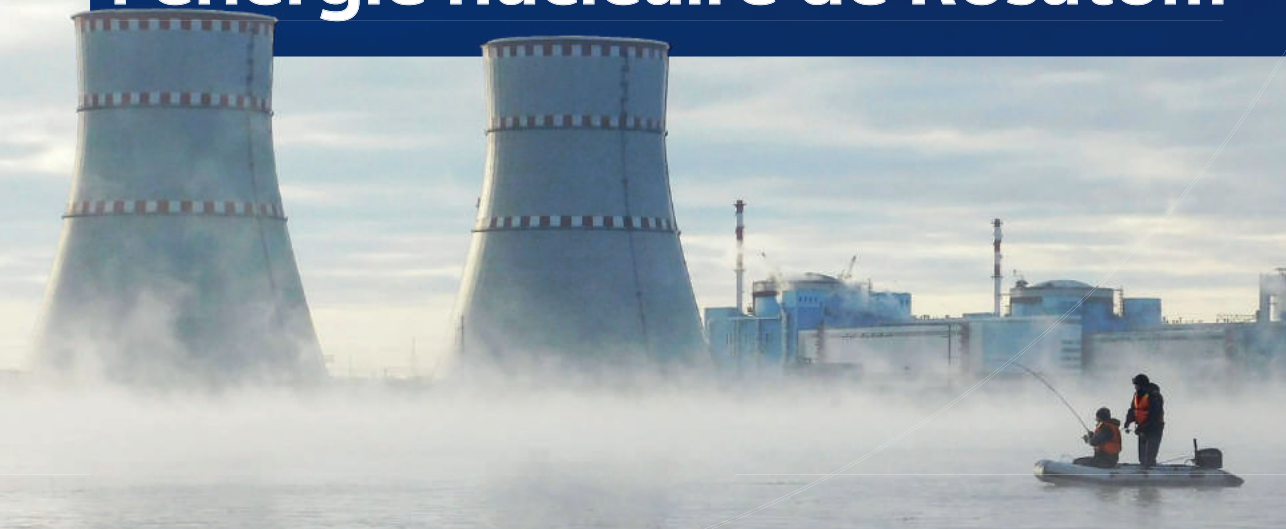
Pendant ce temps, de l'autre côté du globe, en Australie, 60% des mines sont proches des communautés indigènes, selon Lilia. « L'industrie minière en Australie est celle qui emploie le plus d'indigènes. En 2020, plus de 6500 aborigènes travaillaient dans ce secteur. C'est un chiffre très expressif. En outre, il existe des partenariats commerciaux dans lesquels les Indiens eux-mêmes participent à l'activité minière. C'est une forme d'action conciliante, qui rend les conditions pour que les indigènes s'insèrent mieux dans le monde moderne », a-t-elle conclu. ■



ROSATOM

+55 21 3553 9390
info@rosatomal.com.br
www.rosatom-latinamerica.com

Solutions de pointe dans l'énergie nucléaire de Rosatom



Histoire de Succès

106 réacteurs nucléaires de design russe ont été construits mondialement

35 unités dans **12** cpays dans le portefeuille actuel de centrales nucléaires à l'étranger

2020: Lancement de la seule Centrale Nucléaire Flottante au monde, l'Akademik Lomonosov

Des solutions flexibles pour la conception des centrales nucléaires

Plage de capacité allant de **50-1200 MWe**

Plus de **60** ans de cycle de vie

Jusqu'à **10** ans entre chaque recharge de carburant

Accent sur le développement durable

Les centrales nucléaires russes du pays et de l'étranger ont évité l'émission de **213** millions de tonnes de CO₂

Produits sur mesure

Des centrales nucléaires à grande échelle.

Des centrales nucléaires à des petits réacteurs modulaires (SMR) sur terre.

Des SMRs flottants

ABDAN

LES ENTREPRISES ASSOCIÉES À L'ABDAN

01. **AMAZUL** – (AMAZÔNIA AZUL TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A.)
02. **ATECH** – (ATECH NEGÓCIOS EM TECNOLOGIAS S.A.)
03. **BAYER** – (BAYER S.A.)
04. **CHESF** – (COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO)
05. **CMR** – (CENTER OF MOLECULAR RESEARCH BRASIL LTDA.)
06. **CNNC** – (CHINA ZHONGYUAN ENGINEERING CORP)
07. **ECKERT & ZIEGLER** – (ECKERT & ZIEGLER BRASIL PARTICIPAÇÕES LTDA.)
08. **EDF** – (EDF DIRECTION INGÉNIERIE DES PROJETS NOUVEAU)
09. **EDLOW** – (EDLOW INTERNATIONAL COMPANY)
10. **ELETROBRAS ELETRONUCLEAR** – (ELETROBRAS TERMONUCLEAR S/A ELETRONUCLEAR)
11. **ENGETEC** – (ENGETEC CONSTRUÇÕES E MONTAGENS S.A.)
12. **FORTHMED** – (FORTHMED PRODUTOS MEDICOS LTDA.)
13. **FRAMATOME** – (FRAMATOME ANP LTDA.)
14. **FURNAS** – (FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.)
15. **GRUPO RPH** – (MJM PRODUTOS FARMACÊUTICOS E DE RADIOPROTEÇÃO LTDA.)
16. **HOLTEC** – (HOLTEC DO BRASIL SERVIÇOS E EMPREENDIMENTOS LTDA.)
17. **IDOM** – (IDOM CONSULTING ENGINEERING ARCHITECTURE SAU.)
18. **INB** – (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL S/A)
19. **LAST ENERGY** – (LAST ENERGY, INC)
20. **MEDICAL ALD** – (MEDICAL ARMAZENAGEM LOGISTICA E DISTRIBUIÇÃO LTDA)
21. **MMCONEX** – (MMCONEX PRODUTOS PARA SAÚDE LTDA.)
22. **MPE** – (MPE ENGENHARIA E SERVIÇOS S.A.)
23. **NUCLEP** – (NUCLEBRÁS EQUIPAMENTOS PESADOS S/A)
24. **ROSATOM** – (ROSATOM AMERICA LATINA LTDA.)
25. **TECNATOM** – (TECNATOM DO BRASIL ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA.)
26. **TRACTEBEL ENGIE** – (TRACTEBEL ENGINEERING LTDA.)
27. **URENCO ENRICHMENT COMPANY**
28. **WESTINGHOUSE** – (ELECTRIC DO BRASIL SERVIÇOS PARA CENTRAIS NUCLEARES LTDA.)

NOUS SOMMES
ABDAN



atech



Eckert & Ziegler



ENGETEC

FORTHMED

framatome



GRUPO RPH



IDOM



NUCLEP

TRACTEBEL



Westinghouse



EDLOW
INTERNATIONAL
COMPANY