

Conexão
Nuclear

Année **05**
N° **20**
Sep. 2024

Licence de nouveaux réacteurs

Le Brésil a des devoirs à faire

Pour un monde plus durable

Contributions environnementales du secteur nucléaire

Approvisionnement en radiopharmaceutiques

Quels sont les défis et les opportunités d'amélioration ?

Entretien avec Fatih Birol

Directeur exécutif de l'AIE

De la transition énergétique à la sécurité nucléaire - au Brésil et dans le monde

ABDAN

Équipe de travail

PRÉSIDENT

Celso Cunha

VICE-PRÉSIDENT

Alexandre Honaizer

VICE-PRÉSIDENT

Ivan Alexandrovich Dybov

VICE-PRÉSIDENT

Paulo Coelho

VICE-PRÉSIDENT

Stephen McKinney

DIRECTEUR TECHNIQUE

Leonam dos Santos Guimarães

CONSEIL CONSULTATIF

PRÉSIDENT

Paulo Massa

VICE-PRÉSIDENT

Giacomo Staniscia

MEMBRES

Carlos Seixas

Charles Buldrini Filogonio

Luiz Celso

Manoel Ribeiro

Newton Costa

Pedro Litsek

Pedro Moreira

Sibila Grallert

La Connexion Nucléaire est une publication d'ABDAN

ÉDITRICE

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

REPORTAGE

Larissa Haddock Lobo - 0042346/RJ

Juliana Costa dos Santos - 0042392/RJ

COORDINATION DU MARKETING ET DE COMMUNICATION

Cristiane Pereira

DIRECTION DE CONCEPTION

Lucas do M. N. Cunha

CONCEPTION GRAPHIQUE ET MISE EN PAGE

Roman Atamanczuk

INFOGRAPHIE

Lucas Gomes

PHOTO DE COUVERTURE

Agência Internacional de Energia (AIE)

ÉDITION ET RÉVISION DE TEXTE

Kelli Gonçalves

ABDAN

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES NUCLEARES

AV. RIO BRANCO, 122, 2º ANDAR - CENTRO

RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL

CEP: 20.040-001

+55 (21) 2262-6587

🌐 WWW.ABDAN.ORG.BR

SUGGESTIONS ET QUESTIONS

ABDAN@ABDAN.ORG.BR

Sommaire

11

COUVERTURE

Entretien avec Fatih Birol

Directeur Exécutif de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), De la transition énergétique à la sécurité nucléaire - au Brésil et dans le monde



04

Éditorial

Danser avec le diable

05

SMR et systèmes isolés

Un mariage prometteur à long terme

07

Objectifs de l'ONU (ODD) et le nucléaire

Le secteur s'est révélé un allié puissant pour la réalisation de plusieurs de ces objectifs

09

Contributions environnementales du secteur nucléaire

Découvrez des projets réussis de préservation des écosystèmes

13

Transition énergétique

Le rôle indispensable du segment nucléaire

15

Défis dans l'approvisionnement en radiopharmaceutiques

Analyse du scénario actuel et futur au Brésil

17

Transport de matériel radioactif

Opération complexe, mais extrêmement sûre

19

Initiative privée dans le programme nucléaire brésilien

Un sujet qui suscite des débats et de multiples perspectives

21

Licenciement de nouveaux réacteurs

Le Brésil est-il prêt ?

24

Publicité

Rosatom

DANSER AVEC LE DIABLE



Depuis plusieurs années, nous débattons de l'étendue de la participation des sources intermittentes dans le réseau électrique brésilien. Des études académiques avaient déjà démontré que nous aurions des problèmes d'inertie, particulièrement dans le nord-est du Brésil.

Ajoutant à ce fait, qui impose des régimes de fonctionnement sévères à nos centrales hydroélectriques—dont 40% ont approximativement plus de 40 ans—les régimes hydrologiques de nos rivières ont considérablement changé, nous obligeant à réviser les cycles hydrologiques utilisés dans notre planification électrique.

L'Agence Nationale de l'Eau (ANA) vient de renforcer la situation de pénurie dans les rivières Madeira et Purus en Amazonas, ainsi que leurs affluents. La sévère sécheresse dans le Nord est arrivée. En 2023, l'annonce a été faite en octobre.

L'Opérateur National du Système (ONS), en juillet 2024, a communiqué à toutes les entreprises de maintenir les centrales thermiques existantes pleinement disponibles, indiquant une forte probabilité que nous devions les activer si la pluie ne vient pas, amenant les consommateurs à payer des tarifs élevés pour l'énergie électrique.

Le pire de tout cela est que ce scénario de pénurie n'est pas nouveau. Depuis 2021, de faibles précipitations ont imposé des niveaux beaucoup plus bas

dans les réservoirs hydroélectriques.

La nécessité d'assurer la sécurité énergétique rend impératif que nous changions la manière dont nous planifions notre système—actuellement sur un cycle de 10 ans, mais 5 de ces années sont déjà définies.

Un autre problème important est les usages multiples de l'eau. Une discussion importante frappe à notre porte sur la quantité d'eau que nous devrions garder stockée à la fin d'un cycle hydrologique dans nos barrages, dans le but d'assurer l'approvisionnement pour l'agriculture, la consommation humaine, etc. Sans aucun doute, nous devons repenser la manière de contrôler toute cette intermittence que nous intégrons dans notre système.

Je dois aussi rappeler ici que 87% de la génération d'énergie au Brésil est renouvelable, et notre secteur ne représente que 2% des émissions de gaz à effet de serre. En période de transition énergétique et de programmes climatiques, nous devons accélérer les investissements dans les sources qui prennent plus de 10 ans à entrer en fonctionnement, sinon nous continuerons à parler des mêmes problèmes et de manière plus catastrophique qu'aujourd'hui.

Dans le passé, nous avons bien travaillé avec la mise en œuvre de nos centrales thermiques hydroélectriques et nucléaires. Nous avons créé des chaînes d'approvisionnement locales, généré des connaissances et des technologies. Et maintenant, avec toutes ces subventions que nous avons injectées dans les sources intermittentes, qui dépassent 160%, il vaut la peine d'évaluer combien de contenu et de connaissances restent réellement dans le pays.

Le monde entier se précipite pour avancer avec les centrales thermiques nucléaires. Le Brésil possède la sixième plus grande réserve d'uranium au monde et n'a recherché que 1/3 du territoire national. Nous maîtrisons le cycle du combustible. Je demande : Que faisons-nous pour participer à ce groupe sélect de fournisseurs mondiaux ?

En 2025, nous aurons la COP 30 au Brésil, en Amazonie. Et une bonne partie de l'énergie dans la région est fournie par des thermiques pétrolières. Osons, remplaçons tout par la nouvelle technologie SMR !

Quelle sera notre décision : allons-nous avancer, ou allons-nous continuer à rester inactifs, manquant toujours les opportunités qui frappent à notre porte ? ■

RÉACTEURS MODULAIRES PETITS ET SYSTÈMES ISOLÉS : UNE SOLUTION À LONG TERME

RAPPORT CONJOINT ÉTATS-UNIS-BRÉSIL SUR LES RMP RÉVÈLE DE NOUVELLES OPPORTUNITÉS ET DÉFIS POUR LA MATRICE ÉNERGÉTIQUE BRÉSILIENNE

Le secteur énergétique brésilien se trouve à un moment pivot, et les nouvelles technologies façonnent son avenir. Le rapport récemment publié «Étude conjointe États-Unis-Brésil : une évaluation préliminaire des opportunités et des défis des petits réacteurs modulaires au Brésil» offre une analyse approfondie du potentiel des Petits Réacteurs Modulaires (RMP) au Brésil. Parmi d'autres possibilités, cette technologie émerge comme une solution prometteuse à long terme adaptée aux petites capacités et systèmes isolés. Cette évaluation, une collaboration entre le Département de l'Énergie des États-Unis (U.S. DOE) et le Laboratoire National de l'Idaho (INL) en partenariat avec l'Entreprise de Recherche Énergétique (EPE), fournit un aperçu détaillé de l'impact potentiel des RMP sur la matrice énergétique nationale.

TECHNOLOGIE ET POTENTIEL DES RMP

L'étude a examiné plus de 80 projets mondiaux de RMP, se concentrant sur diverses technologies et concepts, y compris les capacités de refroidissement et de génération. Les RMP sont présentés comme une solution flexible et évolutive, avec des avantages tels que des coûts initiaux inférieurs et des exigences spatiales plus petites par rapport aux réacteurs nucléaires traditionnels. Cependant, le rapport précise que son objectif n'est pas d'évaluer la compétitivité des RMP au sein de la matrice énergétique brésilienne, mais de fournir une base pour la formulation de politiques publiques et la régulation.

Thiago Ivanoski est le directeur des études économiques, énergétiques et environnementales chez EPE, une entreprise d'État qui fournit des services au Ministère des Mines et de l'Énergie (MME) dans le domaine des études et recherches pour subven-

tionner la planification du secteur énergétique, couvrant l'électricité, le pétrole et le gaz naturel, et leurs dérivés, et les biocarburants. Parmi d'autres activités, il travaille sur l'évaluation technique des projets de génération de toutes les sources d'énergie (hydroélectrique, gaz naturel, éolien, solaire, biomasse, nucléaire, charbon, etc.), y compris la qualification technique et le calcul des prix plafonds pour les enchères d'énergie électrique (y compris les systèmes isolés), le développement d'études de faisabilité, l'inventaire et l'optimisation des centrales hydroélectriques, la préparation du Plan décennal d'expansion de l'énergie – PDE, et la préparation de diverses études techniques visant à subventionner la planification du secteur énergétique du Brésil.

Ivanoski souligne que «la technologie des RMP est encore en développement, et l'analyse initiale réalisée par l'étude se concentre sur l'évaluation de l'intégration de ces réacteurs sur le marché brésilien, en tenant compte de la disponibilité des données, des coûts et des questions réglementaires.»

CONTRIBUTIONS INTERNATIONALES ET APPROFONDISSEMENT

L'étude a été réalisée dans le cadre du Forum Énergétique États-Unis-Brésil (USBEF), une plateforme visant à renforcer la collaboration entre le Brésil et les USA dans le secteur énergétique. L'expertise du Laboratoire National de l'Idaho, l'un des centres de recherche nucléaire les plus respectés au monde, a été cruciale pour le projet. INL, connu pour son excellence dans la recherche nucléaire et abritant plus de 6 000 chercheurs, a apporté une vision technique raffinée et une connaissance approfondie des technologies émergentes.

Selon Ivanoski, «la collaboration avec INL et le

U.S. DOE était essentielle pour approfondir l'analyse des technologies RMP. Ils ont fourni une perspective technique et pratique qui a aidé à façonner la compréhension des défis et des opportunités associés à ces réacteurs dans le contexte brésilien.»

DÉFIS ET OPPORTUNITÉS AU BRÉSIL

Le rapport ne recommande pas une technologie ou un fabricant spécifique, mais fournit un aperçu des opportunités et des défis associés à la mise en œuvre des RMP au Brésil. Parmi les aspects abordés figurent l'adaptabilité des technologies au marché énergétique national et l'analyse des facteurs économiques et réglementaires. La flexibilité des RMP et leur capacité à opérer à différentes échelles sont soulignées comme des avantages significatifs, notamment dans un pays doté d'un marché énergétique aussi diversifié que le Brésil.

Le Plan Énergétique National 2050 (PNE 2050) considère déjà les RMP comme une source potentielle de génération électrique à la mi-siècle, en fonction de facteurs tels que la réduction des coûts, l'avancement technologique, et l'adaptation réglementaire. EPE surveille de près le développement de ces réacteurs et l'évolution du marché mondial, avec la perspective que des projets pilotes pourraient être réalisés à l'avenir pour aider à évaluer la viabilité pratique de ces réacteurs au Brésil.

Ivanoski explique que «l'intégration effective des RMP dans la matrice énergétique brésilienne dépendra de divers facteurs, y compris le progrès technologique, la licence socio-environnementale, et l'évolution de la réglementation. Des projets pilotes et des démonstrations seront cruciaux pour valider la technologie et évaluer son adéquation à notre contexte.»

L'AVENIR DES RMP AU BRÉSIL

Le scénario pour les RMP au Brésil est prometteur mais complexe. L'implémentation de cette technologie nécessitera des avancées significatives en termes de réglementation, de développement technologique, et d'acceptation sociale. Le rapport fournit un point de départ précieux pour comprendre ces défis et opportunités, et la collaboration internationale est un aspect crucial du succès de cette entreprise.

Comme le conclut Ivanoski, «le rapport fournit une base solide pour la discussion et le développement des politiques publiques et réglementations qui peuvent soutenir l'intégration des RMP au Brésil. Bien que de nombreuses étapes restent à franchir, le potentiel de cette technologie est significatif et mérite une considération attentive.»

«L'avenir des Petits Réacteurs Modulaires au Brésil est encore en cours de formation, mais les analyses et collaborations en cours offrent un aperçu prometteur de ce qui

“LE SCÉNARIO POUR LES RMP AU BRÉSIL EST PROMETTEUR, MAIS COMPLEXE. L'IMPLÉMENTATION DE CETTE TECHNOLOGIE NÉCESSITERA DES AVANCÉES SIGNIFICATIVES EN TERMES DE RÉGLEMENTATION, DE DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE, ET D'ACCEPTATION SOCIALE.”

pourrait devenir une partie cruciale de la matrice énergétique brésilienne dans les décennies à venir.»

ENCADRÉ : EPE PUBLIE LA VERSION COMPLÈTE DE PASI - PORTAIL DE SUIVI ET D'INFORMATION SUR LES SYSTÈMES ISOLÉS

Les systèmes isolés sont des zones qui, pour des raisons techniques ou économiques, ne sont pas connectées au Système Interconnecté National (SIN) et reçoivent donc des services d'énergie électrique par des distributeurs locaux et des enchères de génération, conformément au Décret n° 7.246/2010. La planification de ces systèmes est réalisée annuellement, en tenant compte des caractéristiques spécifiques de chaque localité, telles que la charge, la demande, et le profil de consommation, pour définir les besoins en matière de contrats d'énergie. Pour améliorer l'efficacité économique et énergétique et promouvoir l'utilisation des ressources renouvelables, l'Ordonnance Normative n° 59/GM/MME/2022 a créé PASI (Portail de Suivi et d'Information sur les Systèmes Isolés). Développé par l'Entreprise de Recherche Énergétique (EPE), PASI vise à centraliser et diffuser des données importantes sur les systèmes isolés, facilitant l'échange d'informations entre les agences responsables. La version complète de PASI, publiée fin février 2024, rassemble des données détaillées sur les marchés des consommateurs, la charge, la demande, l'offre de génération, les coûts des centrales, et autres aspects pertinents. La plateforme inclut désormais des informations de l'ANEEL et du CCEE, avec de nouvelles sections pour les données sur les centrales, les bénéficiaires, et les contrats, plus un glossaire mis à jour et des explications sur les nouvelles fonctionnalités du portail. Visitez : <https://pasi.epe.gov.br/> ■

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ET LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE : UN PARTENARIAT POUR L'AVENIR

LE SECTEUR NUCLÉAIRE ÉMERGE COMME UN ALLIÉ PUISSANT DANS LA RÉALISATION DE DIVERS OBJECTIFS.

En 2015, l'Assemblée Générale des Nations Unies a lancé un agenda mondial ambitieux pour un avenir durable, marqué par 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) à atteindre d'ici 2030. Ces objectifs couvrent une gamme de défis mondiaux, allant de l'éradication de la pauvreté et de la faim à l'assurance de l'accès à l'eau propre et à la lutte contre le changement climatique. Pour Clédola Tello, chercheuse au Centre de Développement de la Technologie Nucléaire (CDTN) de la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire (CNEN), le secteur nucléaire s'est révélé un allié puissant pour la réalisation de plusieurs de ces objectifs, offrant des solutions innovantes et durables qui s'étendent à travers différents domaines critiques. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), l'utilisation de ces techniques contribue directement à neuf des 17 ODD.

ODD 2 : FAIM ZÉRO ET SÉCURITÉ ALIMENTAIRE

La faim et la malnutrition restent des défis persistants dans de nombreuses parties du monde. Cependant, la technologie nucléaire joue un rôle crucial dans la lutte contre ces problèmes. Les techniques nucléaires, telles que l'utilisation d'isotopes stables, aident à étudier et comprendre les causes et conséquences de la malnutrition, de la sous-alimentation à l'obésité. Ces technologies permettent une analyse détaillée des régimes alimentaires et des niveaux de nutriments, aidant au développement de politiques alimentaires plus efficaces. De plus, l'irradiation des aliments, une technique nucléaire sûre, est utilisée pour prolonger la durée de vie des produits et garantir que des aliments nutritifs soient disponibles même dans des régions éloignées.

ODD 3 : BONNE SANTÉ ET BIEN-ÊTRE

En médecine, la contribution de l'énergie nucléaire est si-

gnificative et diversifiée. Par exemple, la radiothérapie est une technique largement utilisée pour le traitement du cancer, offrant espoir et guérison à des millions de patients dans le monde entier. De plus, les techniques d'imagerie telles que la Tomographie par Émission de Positrons (PET) sont essentielles pour le diagnostic précoce des maladies. L'énergie nucléaire soutient également la recherche et le développement de vaccins et de médicaments, cruciaux pour combattre les épidémies et les maladies infectieuses, en particulier dans les pays en développement. Cette technologie contribue directement à l'amélioration de la santé mondiale et à l'augmentation de la qualité de vie.

ODD 6 : EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT

La gestion durable de l'eau est essentielle pour la survie humaine et la préservation des écosystèmes. Les techniques nucléaires et isotopiques sont employées pour surveiller et gérer les ressources en eau, en analysant la qualité et la quantité d'eau dans différentes régions. Par

«LES TECHNOLOGIES NUCLÉAIRES OFFRENT DES SOLUTIONS EFFICACES ET INNOVANTES QUI CONTRIBUENT DIRECTEMENT À LA RÉALISATION DES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE.»

exemple, la technique du tritium/hélium-3 permet d'étudier la dynamique des corps d'eau et de mieux comprendre l'impact du changement climatique sur la disponibilité de l'eau. Ces informations sont cruciales pour formuler des stratégies de gestion de l'eau et garantir que les ressources hydriques soient utilisées de manière efficace et durable.

ODD 7 : ÉNERGIE ABORDABLE ET PROPRE

L'accès à l'énergie est un prérequis pour le développement économique et social. L'énergie nucléaire se distingue comme une solution fiable et à faible émission de carbone pour la production d'électricité. Dans un pays de grandes dimensions comme le Brésil, l'énergie nucléaire peut fournir une quantité significative d'électricité, contribuant à la sécurité énergétique et au développement régional. Avec de faibles impacts environnementaux et des avantages significatifs dans l'atténuation du changement climatique, l'énergie nucléaire est de plus en plus considérée dans de nombreuses matrices énergétiques à travers le monde.

ODD 9 : INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURE

L'innovation et l'industrialisation durables sont alimentées par des technologies avancées, et l'énergie nucléaire contribue de manière significative à cela. L'utilisation des radiations et des isotopes dans l'industrie permet l'amélioration des processus, le contrôle de la qualité et l'automatisation. De plus, les techniques nucléaires sont appliquées dans le suivi des sédiments et l'identification des ressources naturelles, favorisant une industrialisation plus efficace et durable.

ODD 12 : CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES

La durabilité dans la production et la consommation d'aliments est une préoccupation croissante. La technologie nucléaire peut augmenter la résilience des cultures, comme démontré dans le traitement du riz avec des algues irradiées, qui améliore la résilience des plantes aux intempéries et aux changements climatiques. Cela contribue à une production agricole plus durable et sûre, aidant à garantir que les aliments soient produits de manière responsable et efficace.

ODD 13 : ACTION POUR LE CLIMAT

La surveillance et l'atténuation des impacts du changement climatique sont essentielles pour la préservation de notre planète. Les technologies nucléaires jouent un rôle crucial dans cet effort, offrant des méthodes avancées pour collecter des données et surveiller les changements environnementaux. La collecte de données sur les émissions de gaz



à effet de serre et l'identification des sources de pollution sont facilitées par les techniques nucléaires, fournissant une base scientifique solide pour les décisions politiques et la mise en œuvre de mesures d'adaptation et d'atténuation.

ODD 14 : VIE AQUATIQUE

La préservation des océans et des ressources marines est cruciale pour la santé des écosystèmes aquatiques et la vie humaine. Les techniques nucléaires et isotopiques sont utilisées pour étudier et protéger ces ressources, aidant à comprendre l'impact du changement climatique et à surveiller la qualité de l'eau marine. Ces techniques sont essentielles pour la conservation et la gestion durable des océans.

ODD 17 : PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS

La collaboration entre différents secteurs est cruciale pour le succès des ODD. Au Brésil, par exemple, la collaboration entre l'Association Brésilienne pour le Développement des Activités Nucléaires (ABDAN), la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire (CNEN), les universités, les chercheurs et l'industrie est vitale pour la mise en œuvre efficace des ODD. Ce partenariat renforce le développement durable et assure que les avantages des technologies nucléaires sont largement utilisés. «L'énergie nucléaire s'est révélée être un allié précieux dans la quête d'un avenir durable. De la santé et de l'alimentation à l'énergie et à l'environnement, les technologies nucléaires offrent des solutions efficaces et innovantes qui contribuent directement à la réalisation des Objectifs de Développement Durable. En intégrant ces technologies de manière responsable et collaborative, nous faisons des pas significatifs vers un monde plus juste, plus sûr et plus durable pour tous,» déclare Clédola Tello. ■

CONTRIBUTIONS DU SECTEUR NUCLÉAIRE À LA CONSERVATION ENVIRONNEMENTALE

DÉCOUVREZ DES PROJETS RÉUSSIS DANS LA PRÉSERVATION DES ÉCOSYSTÈMES



Le secteur nucléaire brésilien, souvent associé à la génération d'énergie, joue également un rôle crucial dans la préservation de l'environnement. Eletronuclear, responsable de l'exploitation des centrales nucléaires d'Angra 1, 2 et 3 dans la région de Costa Verde à Rio de Janeiro, s'est distinguée par son implication dans des projets environnementaux qui vont au-delà de ses obligations légales. Deux exemples en sont le programme «Tartaruga Viva» (Tortue Vivante) et le Centre de Réhabilitation de la Faune (CRAS), qui témoignent de l'engagement de l'entreprise envers la conservation de la biodiversité et la récupération des écosystèmes.

PROGRAMME TARTARUGA VIVA : PROTÉGER LES ESPÈCES MARINES DANS LA BAIE D'ILHA GRANDE

Le programme Tartaruga Viva, qui signifie «Tortue Vivante», a été initié dans le cadre de la licence environnementale pour les centrales nucléaires. Son champ d'action

dépasse la simple conformité aux exigences légales, reflétant un engagement profond pour la protection de la faune marine. Le programme vise à surveiller et préserver les tortues marines dans la baie d'Ilha Grande, une zone qui accueille les installations d'Eletronuclear.

Depuis sa création, le programme suit les espèces de tortues marines présentes dans la région, en surveillant leur santé, leur croissance et leur développement. D'avril 2018 à mai 2024, 37 tortues ont été secourues vivantes, et 16 d'entre elles, après avoir reçu les soins nécessaires, ont été réhabilitées et remises à la mer. Ce travail est essentiel pour la préservation de ces espèces, dont beaucoup sont menacées d'extinction.

Cependant, le programme met également en évidence les défis auxquels la faune marine est confrontée en raison de l'activité humaine. Tartaruga Viva a reçu 190 animaux morts, dont 84 ont été soumis à des nécropsies. De ces analyses, il a été constaté que 20 % des animaux avaient des déchets dans leurs tracts gastro-intestinaux, tandis que 30

«TOUS CES PROJETS ONT UNE COMPOSANTE D'ÉDUCATION ENVIRONNEMENTALE SIGNIFICATIVE, IMPACTANT POSITIVEMENT LA CULTURE LOCALE ET LA PRÉSERVATION DE LA FAUNA.»



% des décès étaient causés par noyade, résultat de l'élimination inappropriée des filets de pêche.

Selon Marco Antonio Alves, coordinateur de la communication chez Eletronuclear, «tous ces projets ont une composante éducative significative. Tartaruga Viva, par exemple, repose sur deux piliers principaux : sensibiliser le public à contacter le projet lorsqu'une tortue affaiblie est trouvée et, en même temps, changer la culture locale où les tortues étaient traditionnellement considérées comme une source de nourriture. Cette pratique a presque disparu, ce qui démontre l'impact positif du programme.»

Le programme a également investi massivement dans l'éducation environnementale, promouvant la sensibilisation aux impacts des activités humaines sur l'environne-

ment. En 2023, la base du programme a accueilli plus de 4 000 visiteurs, y compris des élèves d'écoles et d'universités, et a participé activement à des événements, des conférences et des campagnes de nettoyage des plages.

CENTRE DE RÉHABILITATION DE LA FAUNE : SOINS ET RÉINTÉGRATION DANS LA NATURE

Un autre exemple de succès est le Centre de Réhabilitation de la Faune (CRAS), une initiative volontaire d'Eletronuclear reflétant son engagement envers la faune terrestre. Le CRAS a été établi pour répondre à la demande d'un espace spécialisé pour traiter et réhabiliter les animaux sauvages affaiblis trouvés dans la zone de la Centrale Nucléaire.

Depuis le début de ses activités en 2021, le CRAS a pris en charge 928 animaux de 138 espèces différentes, incluant des mammifères, des oiseaux et des reptiles. Parmi ceux-ci, 378 ont été réhabilités et réintroduits dans leurs habitats naturels. L'un des cas les plus emblématiques a concerné une jaguarundi (*Leopardus pardalis*), qui est arrivée au centre avec de graves blessures, y compris des fractures du crâne et un projectile balistique logé. Après un traitement approfondi, incluant une chirurgie et une réhabilitation, l'animal a été retourné à la nature en pleine santé.

“We have one project that addresses aquatic beings and another that cares for animals from the Atlantic Forest. This integrated approach is essential, and nowadays, no company can survive without this connection to the environment it inhabits. Moreover, these projects create local employment, contributing to the region's economy,” comments Marco Antonio Alves.

Le CRAS ne se contente pas de traiter et de réhabiliter les animaux, mais contribue également à la recherche scientifique et à l'éducation environnementale, augmentant la sensibilisation à l'importance de la conservation de la faune.

ENGAGEMENT ENVIRONNEMENTAL

Les projets environnementaux d'Eletronuclear sont des exemples de la manière dont le secteur nucléaire brésilien peut contribuer de manière significative à la préservation de la biodiversité et à la récupération des écosystèmes. Tant le programme Tartaruga Viva que le CRAS démontrent que la responsabilité environnementale est une partie intégrante des opérations d'Eletronuclear, allant au-delà du respect des exigences légales et montrant un engagement authentique envers la durabilité.

“Ces projets apportent un retour d'image très important pour l'entreprise, car la société commence à percevoir Eletronuclear comme une entité engagée non seulement envers le profit, mais aussi envers les questions sociales et environnementales de la région,” conclut Marco Antonio Alves. ■

FATIH BIROL, DIRECTEUR EXÉCUTIF DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

Nuclear Connection a interviewé Fatih Birol, Directeur Exécutif de l'Agence Internationale de l'Énergie, pour cette édition. De la transition énergétique à la sécurité nucléaire, la conversation a fourni plusieurs aperçus. Découvrez-les !

1 – La transition vers des sources d'énergie plus propres et plus durables est une priorité mondiale. Quel rôle joue l'énergie nucléaire dans ce processus, et comment l'AIE voit-elle l'énergie nucléaire contribuer à atteindre les objectifs climatiques et de décarbonation dans les années à venir ?

L'énergie nucléaire est une technologie importante qui peut jouer un rôle clé pour aider le monde à atteindre ses objectifs énergétiques et climatiques. Bien que chaque pays ait des besoins et des circonstances différents et devrait développer son propre chemin de décarbonation, notre analyse montre qu'au niveau mondial, tout chemin vers un secteur énergétique à zéro émission nette implique une augmentation de l'énergie nucléaire.

Dans la Feuille de Route pour le Net Zéro de l'AIE, qui décrit un chemin pour le secteur énergétique mondial aligné sur l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C, la capacité nucléaire mondiale plus que double d'ici le milieu du siècle, atteignant plus de 900 gigawatts. Dans ce contexte, il est encourageant de voir que le secteur nucléaire a fait un retour en force au niveau mondial ces dernières années. L'expansion de la technologie peut simultanément aider les pays à réduire leur dépendance aux importations de combustibles fossiles et à réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), et de nombreux gouvernements lui ont donné un nouveau regard, surtout après la crise énergétique mondiale déclenchée par l'invasion de l'Ukraine par la Russie en 2022.

L'énergie nucléaire est particulièrement importante lorsque l'on pense à la décarbonation de notre système électrique. Notre analyse montre que l'électricité générée à partir de l'énergie nucléaire devrait atteindre un niveau record d'ici 2025. Bien que les sources d'énergie renouvelables, y compris le photovoltaïque solaire, l'éolien et l'hydroélectricité, soient essentielles pour atteindre nos objectifs énergétiques et climatiques internationaux, nous avons



également besoin de l'énergie nucléaire. Cela est particulièrement le cas dans les pays qui n'ont pas un fort potentiel renouvelable. Les centrales nucléaires peuvent fournir de l'électricité stable au réseau, complétant les énergies renouvelables dans la réduction des émissions du secteur énergétique, tout en contribuant à la sécurité électrique.

2 – Il y a eu récemment un regain d'intérêt pour les nouvelles technologies nucléaires, telles que les Réacteurs Modulaires Petits (SMRs) et la fusion nucléaire. Quelles sont les attentes de l'AIE concernant l'avancement et la commercialisation de ces technologies, et comment pourraient-elles impacter le marché énergétique mondial ?

L'innovation technologique est essentielle pour atteindre les objectifs énergétiques et climatiques mondiaux. Cela in-

“ FACILITER LA COOPÉRATION INTERNATIONALE SUR LES QUESTIONS ÉNERGÉTIQUES EST LE FONDEMENT DU TRAVAIL DE L'AIE. ”

clut l'innovation dans l'énergie nucléaire - qui, malgré ses avantages, fait toujours face à des défis tels que les coûts de financement élevés et les longs délais de construction.

L'AIE suit de près les technologies avancées, telles que les Réacteurs Modulaires Petits, ou SMRs. Ces technologies ont le potentiel d'apporter des avantages majeurs - réduisant les coûts et augmentant la flexibilité dans les réseaux énergétiques si la dynamique derrière elles continue de croître. Selon notre analyse, les SMRs pourraient commencer à jouer un rôle significatif dans les transitions énergétiques dans les années 2030 si les décisions réglementaires et d'investissement sont prises rapidement et si la technologie s'avère commercialement viable.

L'AIE ne considère actuellement pas la fusion nucléaire dans ses perspectives pour le secteur énergétique mondial pour les prochaines décennies en raison de l'incertitude significative concernant sa viabilité technique et économique. Cependant, l'AIE soutient le travail d'experts internationaux indépendants à travers certains de nos programmes de collaboration technologique qui travaillent à faire avancer la recherche, le développement et la commercialisation de la fusion nucléaire et des technologies connexes.

3 – La sûreté nucléaire et la gestion des déchets sont des préoccupations fondamentales pour l'industrie. Quelles sont les principales initiatives de l'AIE pour garantir la sécurité dans les installations nucléaires et promouvoir des pratiques efficaces pour la gestion des déchets radioactifs ?

Les préoccupations du public concernant la sécurité et la gestion des déchets sont parmi les raisons pour lesquelles certains pays ont décidé de renoncer à l'énergie nucléaire ou de stopper de nouveaux développements. Il est crucial que les gouvernements et l'industrie continuent de travailler ensemble pour garantir la sûreté nucléaire grâce à des politiques et des règles solides - et une surveillance régle-

mentaire robuste et indépendante.

L'AIE a appelé les gouvernements à promouvoir une réglementation de la sécurité efficace et efficiente et à mettre en œuvre des solutions pour le stockage des déchets nucléaires en consultation avec les citoyens. Une communication claire sur ces mesures est essentielle. J'ajouterais que nos collègues de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) et de l'Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (AEN) font un travail important dans la promotion des pratiques de sécurité et la gestion des déchets.

4 – La coopération internationale est cruciale pour le développement et la régulation du secteur nucléaire. Comment l'AIE travaille-t-elle à promouvoir la collaboration entre les pays, et quelles politiques sont promues pour garantir une approche harmonisée et sûre de l'expansion de l'énergie nucléaire dans le monde ?

Faciliter la coopération internationale sur les questions énergétiques est le fondement du travail de l'AIE. Cela inclut d'encourager une plus grande collaboration sur l'énergie nucléaire et les technologies.

En 2022, en pleine crise énergétique mondiale, nous avons publié un rapport spécial sur l'Énergie Nucléaire et les Transitions Énergétiques Sûres. Ce rapport explorait le rôle de l'énergie nucléaire dans la construction d'un système énergétique plus sûr, plus propre et plus abordable. Il présentait également une série de recommandations pour les décideurs politiques dans les pays qui voient un avenir pour l'énergie nucléaire. Celles-ci incluaient l'extension de la durée de vie des centrales électriques, s'assurant que les marchés de l'électricité valorisent correctement la capacité dispatchable à faibles émissions, créant des cadres de financement pour soutenir de nouveaux réacteurs, accélérant le développement des SMRs, et réévaluant les plans énergétiques nucléaires basés sur la performance. Et au début de l'année prochaine, nous publierons un nouveau rapport spécial sur le financement de nouveaux projets d'énergie nucléaire.

5 – Comment l'AIE voit-elle le rôle d'entités comme ABDAN dans la promotion des activités nucléaires au Brésil ?

Étant donné la complexité du secteur nucléaire, il est essentiel que des organisations bien fonctionnelles existent qui peuvent faire le lien entre les secteurs public et privé sur des questions fondamentales. Il est également important que les pays aient des discussions informées et basées sur les faits sur les différentes options énergétiques disponibles. Chaque partie prenante peut jouer un rôle dans cela. Des organisations comme ABDAN sont bien placées pour fournir des informations précieuses aux décideurs politiques sur les derniers défis et opportunités. ■

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : LE RÔLE INDISPENSABLE DU SECTEUR NUCLÉAIRE

LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE PROPRE EST L'UN DES DOMAINES OÙ L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE PEUT FAIRE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE

Ces dernières années, la transition énergétique est devenue un sujet central dans les discussions sur l'avenir de la planète. Avec les préoccupations croissantes concernant le changement climatique et la nécessité de réduire la dépendance aux combustibles fossiles, divers pays ont révisé leurs matrices énergétiques à la recherche de solutions plus durables. Au Brésil, ce mouvement prend encore plus d'importance étant donné la matrice électrique historiquement propre, qui fait face à de nouveaux défis avec l'augmentation des demandes et les changements saisonniers. Dans ce scénario, l'énergie nucléaire émerge comme un élément fondamental pour garantir la résilience, la fiabilité et la stabilité du système énergétique national.

Carlos Leipner, expert en énergie nucléaire, a partagé lors d'une interview des points saillants sur le rôle que cette source d'énergie joue et peut jouer dans la transition énergétique, tant au Brésil que mondialement.

MATRICE ÉLECTRIQUE BRÉSILIENNE : UN SCÉNARIO DÉFIANT

En abordant la transition énergétique, Leipner souligne l'importance de comprendre la matrice électrique brésilienne, qui est principalement propre grâce à l'énergie hydraulique. Cependant, cette dépendance présente des défis significatifs. « Au cours des 10 à 20 dernières années, notre dépendance à la source hydraulique a déjà commencé à présenter certains défis », affirme Leipner, en notant comment les variations saisonnières de pluie ont affecté la capacité de génération des réservoirs, qui souvent ne sont pas assez remplis pour répondre à la demande.

Avec la croissance de la participation des sources renouvelables, comme l'énergie éolienne et solaire, le Brésil a cherché à diversifier sa matrice électrique. Cependant, ces sources sont intermittentes par nature, ce qui nécessite un complément que l'énergie nucléaire peut fournir. « Le nucléaire représente

environ 2 % de la matrice électrique du Brésil aujourd'hui, mais il est appelé à jouer un rôle plus significatif dans les prochaines décennies, notamment pour renforcer la résilience et la fiabilité du système », souligne Leipner.

NUCLÉAIRE AU-DELÀ DE LA GÉNÉRATION ÉLECTRIQUE

Leipner élargit la vision du rôle de l'énergie nucléaire, suggérant qu'elle peut aller bien au-delà de la matrice électrique. Il explique que, mondialement, seulement 20 % de l'énergie consommée provient de l'électricité, tandis que les autres 80 % dépendent des combustibles fossiles, en particulier dans les secteurs des transports et de l'industrie. « Des segments comme l'industrie du ciment, de l'acier, et même certains modes de transport, comme le maritime et l'aérien, sont difficiles à décarboner », observe Leipner. Dans ce contexte, l'énergie nucléaire peut être un protagoniste dans la production de carburants propres, comme l'hydrogène, qui a gagné en importance dans les discussions sur la décarbonisation.

HYDROGÈNE PROPRE : UNE NOUVELLE FRONTIÈRE

La production d'hydrogène propre est l'un des domaines où l'énergie nucléaire peut faire une

« L'EXPANSION DU PARC NUCLÉAIRE ET L'INCLUSION DU NUCLÉAIRE DANS DE NOUVELLES POLITIQUES PUBLIQUES SERONT FONDAMENTALES POUR LE SUCCÈS DE CETTE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE. »

QU'EST-CE QU'UNE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

Une transition énergétique implique de déplacer la matrice énergétique mondiale des sources **de combustibles fossiles**

vers des **sources plus propres et renouvelables**



CHARBON



PÉTROLE



GAZ
NATUREL



NUCLÉAIRE



ÉOLIENNE



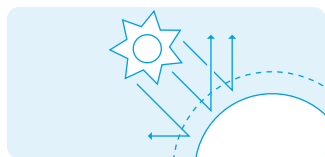
HYDROÉLECTRIQUE



SOLAIRE

OBJECTIF DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

de réduire les émissions de gaz à effet de serre pour lutter contre le changement climatique



De plus, elle vise à renforcer la sécurité énergétique et à diversifier les sources d'énergie pour une plus grande stabilité.

COMMENT RÉALISE-T-ON UNE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ?

Une transition énergétique est réalisée à travers :

Décarbonation : Remplacement des combustibles fossiles par des énergies renouvelables.

Efficacité Énergétique : Mise en œuvre de technologies qui réduisent la consommation d'énergie.

Innovation Technologique : Développement de nouvelles technologies pour le stockage et la distribution d'énergie.

Politiques Publiques : Établissement de réglementations et d'incitations pour promouvoir l'utilisation de l'énergie propre. promote clean energy usage.

IMPORTANCE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Lutte contre le Changement Climatique :

Réduit la quantité de CO₂ dans l'atmosphère.

Santé Publique : Diminue la pollution, conduisant à une meilleure qualité de l'air et à moins de maladies respiratoires.

Sécurité Énergétique : Réduit la dépendance aux combustibles fossiles et aux pays exportateurs de pétrole.

Avantages Économiques : Crée de nouveaux emplois et opportunités dans les secteurs de l'énergie renouvelable.

Source: ABDAN

différence significative. Leipner explique que, actuellement, 95 % de l'hydrogène est produit à partir de sources fossiles, ce qui génère de grandes quantités de CO₂. « Le défi est d'augmenter la production d'hydrogène de manière propre », dit-il. L'énergie nucléaire peut y contribuer, notamment par l'électrolyse à basse température, où l'électricité générée par le nucléaire est utilisée pour séparer les molécules d'eau en hydrogène et oxygène. Leipner mentionne également l'importance de se concentrer sur le développement de technologies pour capturer et utiliser l'hydrogène produit par les centrales nucléaires existantes au Brésil, comme celles d'Angra. « Nous produisons déjà de l'hydrogène, mais il n'est pas capturé. Le capturer et l'utiliser serait une étape importante pour démontrer le rôle du nucléaire dans la chaîne de production d'hydrogène propre », suggère-t-il.

COMPARAISON AVEC LE MONDE

Comparé à d'autres pays, le Brésil se trouve dans une position unique, notamment en termes de matrice électrique. Cependant, Leipner avertit qu'il reste encore beaucoup à

faire, notamment dans la décarbonisation des secteurs industriels et des transports. « Le Brésil n'est pas encore à l'avant-garde pour se concentrer sur ces secteurs. Il y a beaucoup de place pour que le pays se développe dans ce sens », dit-il.

Leipner souligne également la demande croissante d'énergie dans des secteurs émergents, comme les centres de données, qui nécessitent d'énormes quantités d'électricité et de refroidissement. Aux États-Unis et en Europe, il existe déjà des initiatives pour que ces centres soient alimentés par l'énergie nucléaire, ce qui pourrait être une tendance également pour le Brésil.

L'AVENIR

La transition énergétique au Brésil ne fait que commencer, et l'énergie nucléaire a un rôle crucial à jouer. Avec une perspective tournée vers l'avenir, le pays peut tirer parti de ses avantages naturels et technologiques pour non seulement garantir une matrice électrique propre et résiliente, mais aussi mener de nouveaux fronts, comme la production d'hydrogène propre et la décarbonisation des secteurs difficiles à électrifier. ■

DÉFIS CRITIQUES DANS L'APPROVISIONNEMENT EN RADIOPHARMACEUTIQUES AU BRÉSIL : UNE ANALYSE DU SCÉNARIO ACTUEL ET FUTUR

POUR RELEVER LES DÉFIS ET GARANTIR LA DURABILITÉ DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE, IL EST ESSENTIEL QUE L'ÉTAT AGISSE AVEC SÉRIEUX ET COMPÉTENCE.

La médecine nucléaire est un domaine fondamental de la médecine moderne, permettant l'obtention d'images fonctionnelles des organes et des tissus du corps, tout en fournissant des informations précises sur le fonctionnement des systèmes internes qui ne peuvent pas être visualisés uniquement par des examens anatomiques conventionnels. Grâce à l'application de radioisotopes, la médecine nucléaire joue un rôle crucial dans le diagnostic précoce de maladies graves, telles que le cancer, et dans le suivi de conditions cardiaques et métaboliques. Sibila Grallert, pharmacienne spécialiste du sujet et directrice du CMR (Centre de Recherche Moléculaire), explique que la capacité de visualiser et de traiter les maladies avec une grande précision offre un avantage significatif dans la médecine préventive et thérapeutique, notamment avec l'avancement des techniques telles que le SPECT, le SPECT/CT, le PET/CT et le PET/IRM.

RADIOISOTOPES : LE CŒUR DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE

Les radioisotopes sont des substances radioactives utilisées dans diverses applications en médecine nucléaire. Ils sont fondamentaux pour les procédures diagnostiques et thérapeutiques. Parmi les principales méthodes diagnostiques figurent la tomographie par émission de photons uniques (SPECT) et la tomographie par émission de positrons (PET), qui permettent une visualisation détaillée des fonctions organiques et métaboliques. Dans le domaine thérapeutique, le concept de théranostique a révolutionné le champ en combinant diagnostic et traitement dans une même approche, apportant de l'espoir à de nombreux pa-

tients avec des conditions complexes.

Au Brésil, la production et la distribution de ces radioisotopes rencontrent des défis significatifs, surtout après l'arrêt de la production par l'Institut de Recherches Énergétiques et Nucléaires (IPEN) en 2021. « La difficulté de maintenir une chaîne d'approvisionnement cohérente et sûre compromet la disponibilité des radiopharmaceutiques et met en péril la continuité des traitements et diagnostics essentiels », alerte Sibila.

L'IMPACT DE L'ARRÊT DE LA PRODUCTION PAR L'IPEN

En 2021, l'IPEN a cessé la production de radiopharmaceutiques, invoquant un manque de ressources pour importer les intrants nécessaires et maintenir la production. Cette décision a mis en lumière la fragilité du système de santé brésilien, en particulier dans un pays de la taille du Brésil. L'arrêt de la production a directement affecté la disponibilité des radioisotopes, compromettant la qualité des diagnostics et l'efficacité des traitements. Elle a souligné la dépendance critique du Brésil vis-à-vis des fournisseurs étrangers et a souligné le besoin urgent d'une stratégie nationale robuste pour la production et la distribution de ces matériaux.

DÉFIS LOGISTIQUES ET RÉGIONAUX DANS LA DISTRIBUTION

Le Brésil est confronté à un dilemme complexe en matière de distribution des radiopharmaceutiques. Compte tenu de la vaste taille du pays, le transport de matériaux radioactifs pose des défis logistiques importants. La distribution nécessite non seulement

«L'ARRÊT DE LA PRODUCTION PAR L'IPEN A SOULIGNÉ LA DÉPENDANCE CRITIQUE DU BRÉSIL VIS-À-VIS DES FOURNISSEURS EXTERNES.»

des équipements spécialisés pour garantir la sécurité pendant le transport, mais aussi la création d'un réseau efficace capable d'atteindre des régions éloignées et difficiles d'accès. Le manque d'infrastructures adéquates et la complexité du processus logistique entraînent des retards et des limitations dans l'accès aux traitements, exacerbant les inégalités régionales dans le système de santé.

ASPECTS LÉGAUX ET FLEXIBILISATION DU MONOPOLE

Les amendements constitutionnels 49 (2006) et 118 (2022) ont été des moments importants dans la tentative de flexibiliser le monopole de l'Union sur la production et la commercialisation des radioisotopes. Ces amendements visaient à permettre au secteur privé de prendre une partie du marché, avec la promesse d'une plus grande offre et d'une régionalisation des produits. Cependant, la réaction du marché n'a pas été à la hauteur des attentes.

Le manque de clarté dans les règles et la difficulté à s'adapter à un nouveau cadre légal ont été des obstacles majeurs. La transition du monopole étatique au secteur privé n'a pas été accompagnée d'une réorganisation efficace des besoins et des opérations, résultant en une concentration du marché entre quelques entreprises et en une dépendance continue du secteur international pour la production de radioisotopes essentiels.

INVESTISSEMENTS ET OBSTACLES AUX INITIATIVES PRIVÉES

Malgré les opportunités offertes par les amendements constitutionnels, le marché des radiopharmaceutiques fait encore face à des défis considérables pour attirer des investissements privés. Les principales raisons incluent un manque de clarté sur les règles légales, un environnement lent pour l'enregistrement des produits et une charge fiscale élevée. En outre, la dépendance historique à l'IPEN/



CNEN et la complexité du secteur rendent difficile l'adaptation rapide et efficace des services de médecine nucléaire à la nouvelle réalité du marché.

LE RÔLE DES RADIO PHARMACIES

Les pharmacies radio commerciales ont émergé comme une solution alternative pour la distribution de radiopharmaceutiques au Brésil. Actuellement, seules deux sont en opération dans le pays, situées à São Paulo et à Rio de Janeiro. Ces installations jouent un rôle vital dans la distribution de doses prêtes à l'emploi, en particulier pour les services de médecine nucléaire de petite taille. Les pharmacies radio associées, qui desservent plusieurs unités d'un même groupe, ont également prouvé être une solution efficace pour minimiser les déchets et améliorer l'efficacité.

LA RESPONSABILITÉ DE L'ÉTAT ET LES PERSPECTIVES FUTURES

Sibila souligne que pour relever les défis actuels et garantir un avenir durable pour la médecine nucléaire au Brésil, l'État doit agir avec sérieux et compétence. Cela inclut la révision du régime fiscal pour les médicaments et équipements de médecine nucléaire, l'établissement de politiques de santé claires à moyen et long terme, et la création d'une commission de haut niveau pour développer un projet national de médecine nucléaire. La création d'un environnement réglementaire transparent et l'encouragement à l'initiative privée sont cruciaux pour garantir la continuité et l'expansion des services de médecine nucléaire au Brésil, assurant que tous les Brésiliens aient accès à ces ressources vitales. ■

LES DÉFIS DU TRANSPORT DE MATÉRIEL RADIOACTIF

LES EXPERTS GARANTISSENT QUE, LORSQUE LES EXIGENCES SONT STRICTEMENT SUIVIES, CETTE OPÉRATION EST EXTRÊMEMENT SÛRE.

Les services de logistique et de transport pour les industries manipulant des matériaux radioactifs et d'autres substances à haut risque sont confrontés à diverses problématiques au Brésil, qui incluent la réglementation et la conformité. Le transport de matériaux dangereux est rigoureusement réglementé par des organismes tels que la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire (CNEN) et l'Agence Nationale des Transports Terrestres (ANTT). Respecter l'ensemble des normes et réglementations, qui peuvent être complexes et sujettes à des modifications fréquentes, représente un défi constant.

Assurer la sécurité pendant le transport est essentiel pour éviter les accidents et protéger la santé publique ainsi que l'environnement. Cela nécessite l'utilisation de véhicules spécialisés, une formation continue du personnel et une surveillance rigoureuse des conditions de transport. Conexão Nuclear a recherché les meilleures pratiques auprès des entreprises membres de l'ABDAN

opérant dans ce secteur, telles que TAM International, spécialisée dans le transport de matériel radioactif, et Edlow International Company, qui gère le transport de matériaux nucléaires, les licences d'importation et d'exportation, ainsi que la consultation sur le cycle du combustible nucléaire.

Nathalia Alba, directrice de projet senior chez TAM International, a partagé des informations pertinentes sur les défis et l'importance de la logistique internationale dans ce secteur, telles que les limitations des entreprises de transport disposant de l'infrastructure nécessaire (licences, formation, expérience, assurance) et les restrictions dans les ports du monde entier.

Il est bien connu dans le secteur que la plupart des ports ont des exigences spécifiques en fonction des matériaux transportés dans leurs terminaux ; et ces exigences varient d'une localité à l'autre et peuvent également changer avec le temps. Tous ces éléments limitent les options

PROCESSUS IMPLIQUÉS DANS LE TRANSPORT DE MATÉRIEAUX RADIOACTIFS

Le transport sûr de matériaux radioactifs nécessite une réglementation stricte, une planification minutieuse et une surveillance continue.



SÉCURITÉ ET PROTECTION

Comprend des mesures pour prévenir les fuites de matériaux radioactifs et les accidents. Les emballages doivent être conçus pour résister aux impacts, aux incendies et à d'autres conditions défavorables.



RÉGLEMENTATION ET CONFORMITÉ

Au niveau international, des organisations telles que l'AIEA établissent des normes et des directives. Chaque pays peut également avoir ses propres réglementations qui doivent être strictement suivies.



ITINÉRAIRE ET PLANIFICATION

Cela implique de prendre en compte la densité de la population, les conditions routières et la proximité des installations sensibles. Les itinéraires et les horaires sont planifiés pour minimiser les risques.



GESTION DES URGENCES ET DES CRISES

Comprend des formations régulières pour les équipes d'intervention et la disponibilité d'équipements de secours pour faire face aux incidents éventuels.



SURVEILLANCE ET TRAÇABILITÉ

Il est crucial de s'assurer que le matériel n'est pas détourné ou perdu. Des systèmes de surveillance doivent être mis en place pour suivre l'emplacement et l'état du matériel.

et les itinéraires disponibles, ce qui entraîne une augmentation des coûts logistiques.

En ce qui concerne les conditions réglementaires, par exemple, les cargaisons classées dans la Classe 7 de l'IMO doivent se conformer à de nombreuses normes, allant des autorisations à l'emballage et à l'étiquetage. Cela affecte les exigences réglementaires à plusieurs niveaux, y compris les autorisations nécessaires pour le transport, l'emballage utilisé, la manière dont les conteneurs et les emballages sont étiquetés et signalés, et la façon dont la cargaison est arrimée et sécurisée à l'intérieur des conteneurs.

De plus, les expéditeurs doivent être attentifs non seulement aux réglementations internationales, mais aussi aux normes locales de chaque pays, qui peuvent différer. Il est donc essentiel que les expéditeurs connaissent et s'adaptent aux exigences spécifiques de chaque pays par lequel le transport doit passer.

Jack Edlow, président de Edlow International Company, a partagé lors de sa participation au NuclerCast au Brésil, la complexité et les défis intrinsèques au transport de matériel radioactif et nucléaire. Selon Edlow, la principale difficulté de ce secteur réside dans la nécessité d'assurer une sécurité maximale à toutes les étapes du transport.

Cela implique l'utilisation d'emballages robustes, une documentation minutieuse, la coordination avec les autorités réglementaires et la gestion des risques associés. Il souligne que, malgré les avancées technologiques et les pratiques de sécurité strictes, le transport de matériaux nucléaires reste un processus très sensible et complexe, nécessitant un engagement constant envers l'excellence et la conformité.

« Le transport de matériel radioactif, lorsque toutes les exigences sont strictement suivies, est extrêmement sûr. Les emballages utilisés sont robustes, certifiés et subissent des tests rigoureux pour garantir la prévention des fuites et des contaminations. De plus, il existe des systèmes de surveillance en temps réel pour suivre les matériaux pendant le transport », souligne l'exécutif de TAM International. Récemment, l'entreprise s'est associée à l'ABDAN, ce qui peut contribuer à l'alignement avec les normes et réglementations internationales et nationales.

Outre les défis logistiques et réglementaires, Edlow souligne l'importance d'une communication claire et transparente avec le public et les parties prenantes. La perception publique du transport de matériaux radioactifs peut être un obstacle significatif, et l'entreprise s'efforce d'éduquer et d'informer sur les mesures rigoureuses adoptées pour garantir la sécurité.

« NOUS SOMMES TRÈS ENTHOUSIASTES À PROPOS DE NOTRE PARTENARIAT AVEC L'ABDAN. CETTE COLLABORATION PEUT CONTRIBUER À LA DIFFUSION DE PRATIQUES DE TRANSPORT CONFORMES. »

Le transport de matières radioactives est une tâche complexe qui implique plusieurs processus importants. En savoir plus :

- **Sécurité et Protection** : Garantir la sécurité pendant le transport est essentiel pour protéger à la fois les travailleurs et le public. Cela comprend des mesures pour éviter les fuites de matières radioactives et prévenir les accidents. Les emballages doivent être conçus pour résister aux impacts, aux incendies et à d'autres conditions défavorables.
- **Réglementation et Conformité** : Le transport de matières radioactives est fortement réglementé. À l'échelle internationale, des organisations comme l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) établissent des normes et des directives. Chaque pays peut également avoir ses propres réglementations qui doivent être strictement suivies.
- **Planification des Itinéraires** : Le choix des itinéraires de transport les plus sûrs est un défi. Cela inclut de prendre en compte la densité de population, l'état des routes et la proximité d'installations sensibles. Les itinéraires et les horaires doivent être planifiés pour minimiser les risques.
- **Urgences et Gestion de Crises** : Avoir des plans d'intervention en cas d'urgence bien définis est essentiel. Cela inclut des formations régulières pour les équipes d'intervention et la présence d'équipements de contingence pour gérer les incidents potentiels.
- **Suivi et Traçabilité** : Maintenir un suivi rigoureux des matières pendant le transport est crucial pour garantir qu'elles ne soient ni détournées ni perdues. Des systèmes de surveillance doivent être déployés pour suivre la localisation et l'état des matières. ■

L'INITIATIVE PRIVÉE DANS LE PROGRAMME NUCLÉAIRE BRÉSILIEN : VOIES ET DÉFIS

L'ENTRÉE DES ENTREPRISES PRIVÉES DANS LA FINALISATION D'ANGRA 3 PROMET DES INVESTISSEMENTS ET DES INNOVATIONS, MAIS NÉCESSITE UNE RÉGLEMENTATION RIGOUREUSE ET UNE GESTION TRANSPARENTE.

INVESTISSEMENTS ET RESSOURCES

L'entrée des entreprises privées dans le programme nucléaire brésilien apporte la promesse de nouveaux investissements et de ressources financières, essentiels pour l'achèvement d'Angra 3. "La centrale connaît des difficultés financières et des retards depuis des années. L'implication du secteur privé peut non seulement accélérer le processus mais aussi assurer l'achèvement du projet", affirme Guimarães. Les contributions financières supplémentaires sont vues comme une opportunité pour revitaliser le calendrier et garantir que la centrale soit opérationnelle comme prévu.

TECHNOLOGIE ET EXPERTISE

Les entreprises privées, notamment celles ayant une expérience internationale, peuvent introduire des technologies avancées et un savoir-faire spécialisé dans le secteur nucléaire brésilien. "L'expertise apportée par ces entreprises a le potentiel d'améliorer l'efficacité, la sécurité et la durabilité des projets nucléaires au Brésil", commente Guimarães. L'intégration d'innovations technologiques est fondamentale pour faire avancer le secteur et maintenir les plus hauts standards d'opération.

RÉGULATION ET SÉCURITÉ

La sécurité est l'un des piliers du secteur nucléaire et, avec l'entrée du secteur privé, la réglementation rigoureuse devient encore plus cruciale. "Il est impératif que le gouvernement brésilien et les autorités régulatrices, telles que la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire (CNEN), assurent que toutes les normes de sécurité soient scrupuleusement respectées", souligne le directeur technique de l'ABDAN. La surveillance constante et la conformité aux réglementations sont essentielles pour prévenir les incidents et garantir le fonctionnement sûr des installations.

IMPACT ÉCONOMIQUE

L'achèvement d'Angra 3 a un impact économique potentiel significatif, tant au niveau local que national. Au-delà de la création d'emplois directs et indirects, la centrale contribuera à diversifier le mix énergétique brésilien. "La centrale fournira une source d'énergie électrique stable et durable, ce qui est crucial pour le développement économique du pays", déclare Guimarães. La stabilité de l'offre énergétique est un facteur déterminant pour la croissance industrielle et pour la qualité de vie de la population.

DÉFIS POLITIQUES ET SOCIAUX

Malgré les avantages potentiels, l'entrée des entreprises privées dans le secteur nucléaire fait face à une résistance politique et sociale. "Les questions liées à la souveraineté nationale, à la sécurité énergétique et aux impacts environnementaux sont souvent soulevées et doivent être soigneusement abordées", prévient Guimarães. Le dialogue transparent et la communication efficace sont essentiels pour obtenir le soutien du public et des législateurs, en atténuant les préoccupations et en promouvant la confiance dans le projet.

TRANSPARENCE ET GESTION

Pour le succès du partenariat public-privé, la transparence dans la gestion des projets est indispensable. "Des contrats bien rédigés et une supervision efficace peuvent minimiser les risques et garantir que les objectifs du programme nucléaire brésilien soient atteints", insiste Guimarães. La définition claire des responsabilités et la gestion transparente sont des éléments clés pour garantir l'efficacité et la fiabilité des opérations.

En vue de Guimarães, la participation des entreprises privées dans le programme nucléaire brési-



LE RENFORCEMENT DE L'ORGANE RÉGULATEUR EST CRUCIAL POUR GARANTIR QUE LES OBJECTIFS DE LA RÉGULATION NUCLÉAIRE SOIENT ATTEINTS, QUE LES OPÉRATEURS SOIENT PUBLICS OU PRIVÉS.

lien et dans la conclusion d'Angra 3 peut apporter de nombreux avantages, tels que des investissements, de la technologie et de l'expertise. Cependant, il est essentiel qu'il y ait une réglementation rigoureuse et une gestion transparente pour garantir la sécurité et l'acceptation sociale du projet. Comme il le souligne, "c'est une occasion unique pour le Brésil de progresser dans le secteur nucléaire, mais cela nécessite un engagement ferme envers la sécurité et la transparence." Le succès de cette initiative dépend d'une collaboration étroite et efficace entre tous les acteurs impliqués, visant au développement durable et sûr du secteur nucléaire brésilien.

La réglementation nucléaire au Brésil est actuellement sous la responsabilité de la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire (CNEN), qui a mis en place un ensemble complet de normes et de résolutions pour garantir la sécurité des opérations nucléaires. Selon Ricardo Fraga Gutterres, ancien directeur de la DRS/CNEN, "cette tâche sera bientôt confiée à l'Autorité Nationale de Sécurité Nucléaire, un organisme déjà créé par la loi". Les 67 normes et résolutions couvrent divers aspects, allant de l'autorisation des installations à la protection radiologique, ainsi que le transport des matières radioactives.

Ces normes sont développées en conformité avec la législation nationale et les engagements internationaux, harmonisées avec les standards de sécuri-

té de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA). Gutterres explique que "les conventions et traités ne distinguent pas entre opérateurs publics ou privés, assurant que tous sont traités de manière égale par la réglementation". Cette approche globale vise à garantir que toutes les opérations nucléaires, quel que soit l'opérateur, respectent les mêmes normes strictes de sécurité.

La Constitution Fédérale du Brésil établit le monopole de l'Union sur les activités nucléaires, mais au cours des deux dernières décennies, des modifications législatives ont été introduites pour assouplir ce monopole. Gutterres remarque que "bien que ces modifications changent la routine de l'activité réglementaire, il n'a pas été identifié de besoin de modification de la réglementation concernant le traitement spécifique des acteurs publics ou privés". Les changements législatifs visent à étendre l'accès aux avantages de la technologie nucléaire sans compromettre la sécurité.

Gutterres souligne que "la sécurité et l'utilisation pacifique de la technologie nucléaire sont des éléments indissociables". Le renforcement de l'autorité de régulation est essentiel pour garantir que les objectifs de la réglementation nucléaire soient atteints, que les opérateurs soient publics ou privés. L'engagement envers la sécurité, la transparence et la conformité réglementaire est essentiel pour le progrès durable du programme nucléaire brésilien. ■

LA COURSE AUX SMR : LE BRÉSIL EST-IL PRÊT POUR LA LICENCE ?

L'UN DES PRINCIPAUX DÉFIS ACTUELS DU PAYS EST LA RÉGLEMENTATION.

La licence des réacteurs nucléaires au Brésil a été un sujet de premier plan, surtout avec la popularité croissante des petits réacteurs modulaires (SMR) et l'intérêt mondial pour des technologies plus sûres et plus efficaces. Ces réacteurs, qui offrent une plus grande flexibilité, sont considérés comme une solution prometteuse pour la production d'énergie dans diverses régions. Cependant, le Brésil est toujours confronté à des défis réglementaires significatifs concernant ces réacteurs.

Les SMR sont des réacteurs avancés, avec une capacité de puissance allant jusqu'à 300 MW(e), dont les composants peuvent être produits et transportés sous forme de modules vers les sites d'installation. La plupart des conceptions de SMR intègrent des caractéristiques de sécurité avancées, permettant un déploiement sous forme de module unique ou multimodule. Ces réacteurs sont en cours de développement pour diverses technologies, y compris les réacteurs refroidis à l'eau, les réacteurs à gaz à haute température, entre autres. La réglementation constitue un défi majeur pour ces réacteurs.

La législation brésilienne relative aux critères et exigences pour la sélection des sites d'installations nucléaires manque encore de définitions techniques et de réglementations spécifiques pour la licence des SMR. Discuter de la réglementation de ces réacteurs sur la base du cadre actuel est considéré comme imprudent et prématuré.

Selon Leonardo Paredes, chercheur en ingénierie des réacteurs nucléaires à l'ABDAN, l'association mène une série d'études et de dialogues avec des entreprises telles que EDF, Rosatom et Westinghouse. Les données techniques fournies par ces entreprises renforcent l'idée que discuter des réglementations des SMR au Brésil est imprudent et prématuré.

LICENCE ET SÉLECTION DES SITES

Contrairement aux grands réacteurs de puissance, les SMR possèdent de nouvelles caractéristiques de sécurité qui peuvent rendre certains des critères de licence traditionnels, comme la distance par rapport aux centres ur-

bains, moins pertinents. Cependant, le développement de réglementations spécifiques, qui sont discutées dans des agences réglementaires mondiales telles que la Commission de Réglementation Nucléaire des États-Unis (NRC), est essentiel pour garantir la sécurité et la faisabilité de ces installations. "Le Brésil n'est pas encore prêt à délivrer une licence pour un SMR, car nos références se limitent aux réacteurs PWR d'Angra. Nous devons analyser les cadres réglementaires qui sont développés à l'étranger", déclare Leonardo Paredes.

Au Brésil, la constitution et la réglementation qui orientent le choix des sites pour l'installation de réacteurs doivent encore être adaptées pour tenir compte de ces nouvelles technologies. Une réglementation spécifique pour les SMR est nécessaire pour éviter des problèmes futurs et garantir que le pays soit préparé pour la nouvelle ère de l'énergie nucléaire.

DÉFIS :

- Développement de réglementations spécifiques pour les SMR.
- Analyse et adaptation des normes existantes aux nouvelles technologies.

"LE BRÉSIL, BIEN QU'IL NE DISPOSE PAS ENCORE D'UNE TECHNOLOGIE DE RÉACTEURS MODULAIRES ENTIÈREMENT DÉVELOPPÉE, S'EST DISTINGUÉ SUR LA SCÈNE INTERNATIONALE PAR SA PARTICIPATION ACTIVE À CES FORUMS."

- Nécessité d'harmoniser le cadre réglementaire avec la législation existante.
- Importance de l'anticipation dans la réglementation pour gérer différentes dynamiques.

L'IMPORTANCE DE L'ANALYSE INTERNATIONALE

Avant d'aborder directement la licence et la sécurité des SMR au Brésil, il est crucial d'analyser les cadres réglementaires existants dans d'autres pays. L'expérience internationale peut offrir des points de vue précieux et aider à éviter les pièges dans le processus de réglementation de ces réacteurs dans le pays. "Aux États-Unis, les études sur les SMR sont plus avancées, notamment avec l'entreprise NuScale, qui a obtenu l'approbation à 100% des détails de sécurité du projet par la Commission de Réglementation Nucléaire (NRC)", reconnaît Paredes.

La course aux SMR est en cours, mais le Brésil doit encore progresser dans la création d'un cadre réglementaire robuste pour garantir la sécurité et la viabilité de ces technologies. Une analyse minutieuse des réglementations internationales et l'adaptation des lois et normes existantes seront cruciales pour que le pays puisse se positionner comme un leader dans l'utilisation de technologies nucléaires innovantes. "Outre les États-Unis, il y a aussi quelques efforts individuels en Europe, mais il manque encore beaucoup d'informations pour que nous puissions avancer au Brésil", dit l'expert. "Je pense que nous avons de nombreux autres défis à relever avant de nous concentrer sur les SMR. Ce ne sera pas un processus facile et nécessitera beaucoup plus de préparation que ce que nous avons aujourd'hui".

CNEN

Dans une interview exclusive pour la revue de l'ABDAN, Anna Leticia Sousa, chercheuse principale à la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire (CNEN), a abordé les défis et les initiatives du Brésil dans le domaine de l'autorisation des nouvelles technologies nucléaires. "Comme toujours, une chose courante qui se produit avec l'énergie nucléaire, avec l'autorisation nucléaire, avec le droit nucléaire, toutes ces questions d'autorisation passent par une harmonisation internationale", a-t-elle expliqué. Cette nécessité d'harmonisation trouve ses racines dans l'histoire de l'énergie nucléaire, en particulier en Europe, où la proximité des frontières a imposé un alignement entre les nations.

Le Brésil, bien qu'il ne dispose pas encore d'une technologie entièrement développée de réacteurs modulaires (SMR), s'est distingué sur la scène internationale par sa participation active à ces forums. Anna Sousa a révélé que, même avant que le gouvernement brésilien ne prenne une

CES RÉACTEURS, QUI OFFRENT UNE PLUS GRANDE FLEXIBILITÉ, SONT CONSIDÉRÉS COMME UNE SOLUTION PROMETTEUSE POUR LA PRODUCTION D'ÉNERGIE DANS DIVERSES RÉGIONS. CEPENDANT, LA RÉGLEMENTATION DE CES RÉACTEURS AU BRÉSIL EST ENCORE CONFRONTÉE À DES DÉFIS SIGNIFICATIFS."

décision officielle concernant l'implantation des SMR, la CNEN participe à des discussions internationales, en créant un "groupe de travail" impliquant la Direction de la Radioprotection et de la Sécurité (DRS) ainsi que la Direction de la Recherche et du Développement. "Notre idée était de prendre de l'avance, car nous avons évalué la quantité de travail qui nous attend, afin de commencer à étudier pour être prêts lorsque cette option du gouvernement brésilien se concrétiserait", a-t-elle souligné.

ATTENTES ENVERS LE GOUVERNEMENT

Anna Sousa a également partagé ses impressions sur la relation entre le gouvernement actuel et le secteur nucléaire, en soulignant une perception initiale de distanciation. "Nous avons ressenti au début de ce gouvernement une légère distance vis-à-vis du secteur nucléaire", a affirmé Sousa, exprimant une opinion partagée, selon elle, par plusieurs de ses collègues. Malgré cet éloignement dans les premières décisions prises, la chercheuse a souligné que le gouvernement a récemment montré des signes d'un engagement accru. "Aujourd'hui, nous voyons déjà le gouvernement plus enclin, se rapprochant et entamant des discussions", a-t-elle observé. Elle a mentionné la participation du secteur nucléaire à la 5ème Conférence de la Science et de la Technologie comme un exemple de ce rapprochement.

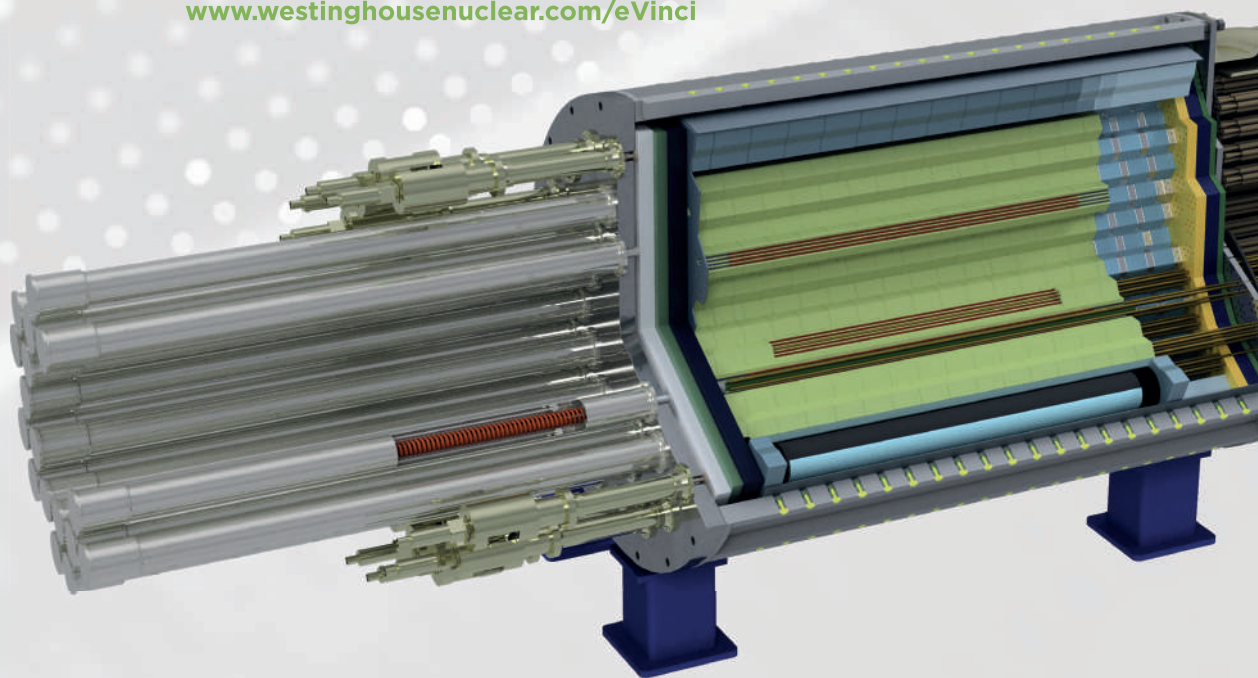
En tant qu'organisme de réglementation, Sousa estime qu'il est essentiel de maintenir une distance saine entre les domaines de promotion, de financement, de mise en œuvre et de décision politique, notamment dans les phases initiales des projets. ■

Mobile. Flexible. Powerful. Energy Everywhere it's Needed

The eVinci™ microreactor battery is easy to transport, install and operate. That makes it easier for you to bring safe, reliable, affordable and clean energy to even the most remote of locations.

- **Transportable energy generator, targeting 30-day onsite installation**
- **Cost-competitive lifecycle, 100% factory built and assembled**
- **Delivers combined heat and power, 8+ years without refueling**

To learn how we're **shaping tomorrow's energy**, visit:
www.westinghousenuclear.com/eVinci



QUATRE ÉTAPES POUR UN CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE ÉQUILIBRÉ

Alors que le Brésil progresse vers son objectif d'atteindre la neutralité carbone, il est nécessaire d'augmenter la part de l'énergie nucléaire dans sa matrice énergétique et de construire un vaste parc nucléaire composé de grands et petits réacteurs. La partie la plus importante du développement à grande échelle de l'industrie de l'énergie nucléaire au Brésil est la création opportune d'un système de gestion du combustible nucléaire irradié. À la recherche d'une solution durable, sûre et économique, Rosatom a développé un produit complet appelé « Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré ». Une présentation des technologies russes innovantes pour la gestion du combustible nucléaire irradié lors du symposium de la Section latino-américaine de la Société Nucléaire Américaine (LAS/ANS) a suscité une discussion active. Pour les pays ayant une expérience de la production nucléaire, Rosatom offre des solutions pour répondre aux obligations accumulées durant les opérations industrielles. Pour les nouveaux venus, elle offre la possibilité de créer un secteur de l'énergie nucléaire sans les problèmes différés, assurant ainsi que les générations futures ne seront pas chargées de les résoudre. Rosatom propose d'organiser ce travail sur la base du concept de « cycle du combustible nucléaire équilibré », qui permet de réutiliser des ressources précieuses, de réduire le volume des déchets et de diminuer la radiotoxicité des déchets générés.

QU'EST-CE QUE LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE ÉQUILIBRÉ ?

Le Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré est un ensemble de quatre services, incluant le retraitement du combustible irradié avec fractionnement des déchets radioactifs à haute activité, la production de combustible uranium-plutonium, la post-combustion des actinides mineurs dans des réacteurs rapides, et la création de systèmes de stockage à long terme pour le combustible irradié et les déchets à haute activité. Ces services peuvent être achetés séparément ou ensemble. Ils peuvent être utilisés par les propriétaires de réacteurs à eau sous pression – diverses modifications des réacteurs VVER, PWR, BWR, etc. Le design spécifique sera personnalisé selon les besoins du client. Ces quatre produits permettent une gestion du

combustible nucléaire « clé en main », signifiant que, une fois le combustible irradié retiré du propriétaire, seule la fraction de déchets radioactifs vitrifiés à courte durée de vie, prête pour un stockage sûr, est retournée. Les autres composants du combustible irradié sont efficacement éliminés, rendant le cycle du combustible nucléaire équilibré et durable dans son ensemble.

RETRAITEMENT DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE IRRADIÉ

Le retraitement du combustible nucléaire irradié avec fractionnement des déchets à haute activité est un composant fondamental du cycle fermé du combustible nucléaire. Ce processus permet de récupérer les matériaux utiles du combustible, minimisant le volume des déchets radioactifs et garantissant leur isolation sûre et efficace. Les instituts de Rosatom possèdent plus d'un siècle d'expérience dans le développement de la radiochimie appliquée et cinq décennies d'expérience dans le retraitement commercial du combustible nucléaire usé. Cette expertise a conduit à des solutions qui répondent pleinement aux exigences environnementales actuelles, y compris la minimisation de la génération de déchets radioactifs secondaires. La principale valeur du Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré pour les clients potentiels réside dans l'élimination de la nécessité de construire des dépôts géologiques profonds pour l'isolation finale du combustible nucléaire irradié et des déchets à haute activité dans les pays utilisant l'énergie nucléaire (actuellement plus de 35). Les conditions géologiques varient considérablement entre ces pays, rendant la construction de tels dépôts extrêmement coûteuse et complexe, surtout compte tenu de la nécessité de modéliser et de justifier leur sécurité pour des périodes allant de 10 000 à 100 000 ans. Assurer que toutes ces installations, construites dans des conditions géologiques diverses et avec des solutions de conception distinctes, maintiennent le même niveau de sécurité pour des millénaires représente un défi théorique significatif.

FABRICATION DU COMBUSTIBLE À PARTIR DE MATÉRIAUX NUCLÉAIRES RÉCUPÉRÉS

Le deuxième composant important du Cycle du Combustible

LE « CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE ÉQUILIBRÉ » EST BASÉ SUR DES TECHNOLOGIES DE POINTE, INCLUANT LA POSSIBILITÉ DE RETRAITER ET DE SÉPARER LES DÉCHETS DE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE USÉ, D'UTILISER DU COMBUSTIBLE CONTENANT DU PLUTONIUM DANS DES RÉACTEURS RAPIDES, ET DE RÉALISER LA TRANSMUTATION DES ACTINIDES MINEURS.

tible Nucléaire Équilibré est la possibilité d'utiliser du combustible fabriqué à partir de matériaux nucléaires récupérés, extraits du combustible nucléaire irradié. Après refroidissement dans une piscine, le combustible nucléaire irradié est placé dans des conteneurs de transport et de transfert spéciaux. Graduellement, le combustible nucléaire irradié est transféré à des ensembles de stockage de plus grande capacité. Une fois un nombre suffisant de ces ensembles collectés pour un envoi, ils sont envoyés aux installations de Rosatom pour le retraitement. Dans le Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré, le retraitement implique la séparation du combustible nucléaire irradié en fractions. Cette séparation implique l'extraction de l'uranium (environ 96 % du volume total du combustible) et du plutonium (environ 1,2 %), éléments de grande valeur énergétique. L'utilisation efficace de ces éléments est cruciale pour la gestion durable des ressources et la sécurité environnementale. Le combustible contenant de l'uranium et du plutonium régénérés, ou uniquement de l'uranium régénéré, offre aux clients la possibilité d'utiliser les matériaux nucléaires plus efficacement et d'économiser sur les matières premières. Le recyclage des matériaux nucléaires, tout comme le recyclage d'autres matériaux dans divers secteurs industriels, représente une approche prometteuse pour le développement durable.

STOCKAGE PLUS EFFICACE DES DÉCHETS

Les actinides mineurs – américium (Am), neptunium (Np) et curium (Cm) – sont des sous-produits de la fission de l'uranium et du plutonium. Bien qu'ils représentent moins de 1 % du combustible nucléaire irradié, leur radioactivité les rend dangereux pour des centaines de milliers d'années. Rosatom a développé une technologie pour incorporer les actinides mineurs comme l'américium et le neptunium dans le combustible pour réacteurs rapides, où, sous l'action des neutrons rapides, ils se transforment en produits de fission stables ou en éléments transuraniens beaucoup moins dangereux. Les réacteurs en exploitation, en construction et planifiés par la Corporation d'État Rosatom permettent la transmutation (ou l'incinération) des actinides mineurs à l'échelle industrielle. Dans le contexte du Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré, après le retraitement du combustible nucléaire irradié, le client reçoit en retour une fraction vitrifiée de courte durée de vie. Cette fraction peut être gérée dans des installations de stockage conventionnelles. La principale caractéristique de cette fraction est qu'elle ne nécessite pas de stockage géologique profond, car après 300 à 350 ans, sa radioactivité sera comparable à celle d'un minerai d'uranium naturel. Et après 100 années supplémentaires, elle deviendra aussi inoffensive que le sable de la plage de Copacabana. Par conséquent, pour son stockage, des installations géologiques profondes (d'environ 400 à 500 mètres de profondeur) comme celles requises pour le combustible nucléaire irradié ne sont pas nécessaires. Un simple forage de 70 à 72 mètres, légèrement plus profond qu'une station de métro, est suffisant.

ÉTUDE DE FAISABILITÉ

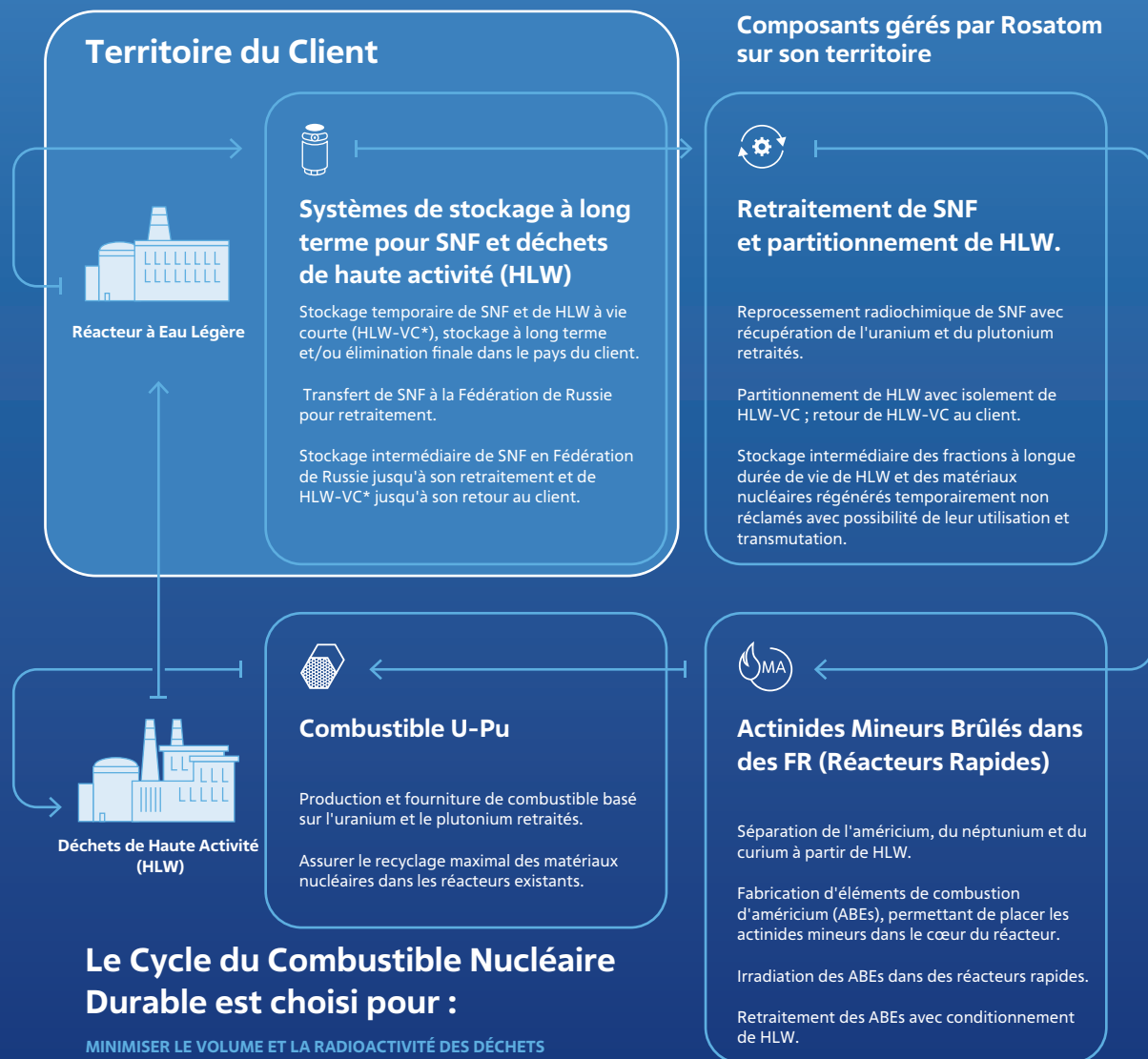
Actuellement, Rosatom offre à ses clients potentiels l'opportunité d'explorer les technologies du Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré à travers ce qu'on appelle une Étude de Faisabilité – une étude technique et économique qui évalue la conformité des différentes options du Cycle du Combustible Nucléaire Équilibré aux besoins spécifiques de chaque client, en tenant compte des capacités des installations russes. L'expérience montre que cette modélisation permet une évaluation objective des différentes alternatives, permettant une décision éclairée sur le scénario à long terme du Cycle du Combustible Nucléaire et les étapes nécessaires à sa mise en œuvre, en ligne avec les intérêts d'un client spécifique. Étant donné la diversité des parties prenantes impliquées dans les décisions concernant le développement du Cycle du Combustible Nucléaire – exploitants de centrales nucléaires, organismes régulateurs, politiciens, société civile et écologistes – ces évaluations sont très recherchées et utiles. ■

Cycle du Combustible Nucléaire Durable



ROSATOM

Le Cycle du Combustible Nucléaire Durable est un produit innovant de la Corporation d'État ROSATOM qui assure la gestion efficace et stable du combustible nucléaire usé (SNF) et de ses produits de retraitement.



Le Cycle du Combustible Nucléaire Durable est choisi pour :

MINIMISER LE VOLUME ET LA RADIOACTIVITÉ DES DÉCHETS
pour l'isolement final dans des dépôts géologiques profonds et, dans certains cas, pour éliminer le besoin de construire de telles installations.

MAXIMISER L'UTILISATION DU POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE
des matériaux nucléaires par recyclage

OPTIMISER LES COÛTS
du cycle du combustible nucléaire

FOURNIR UN MODÈLE DURABLE
de production et de consommation grâce à une solution définitive pour le SNF écarté

* issu du retraitement de SNF peuvent être séparés en différentes fractions. La fraction à vie courte (HLW-VC), composée de césium et de strontium, doit être vitrifiée et envoyée pour élimination finale.

ABDAN

ENTREPRISES ASSOCIÉES À L'ABDAN

01. **AMAZUL** – (AMAZÔNIA AZUL TECNOLOGIAS DE DEFESA S.A.)
02. **ANDRADE GUTIERREZ** – (ANDRADE E GUTIERREZ CONSTRUÇÕES E SERVIÇOS S/A)
03. **ATECH** – (ATECH NEGÓCIOS EM TECNOLOGIAS S.A.)
04. **ÁUREA** – (TRIFORCE BLINDAGENS E INSTALAÇÕES LTDA.)
05. **BUTTING** – (BUTTING TUBOS DE INOX LTDA.)
06. **CMR** – (CENTER OF MOLECULAR RESEARCH BRASIL LTDA.)
07. **CNNC** – (CHINA ZHONGYUAN ENGINEERING CORP)
08. **DIAMANTE ENERGIA** – (DIAMANTE GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA.)
09. **EBSE** – (EBSE ENGENHARIA E SOLUÇÕES S.A.)
10. **ECKERT & ZIEGLER** – (ECKERT & ZIEGLER BRASIL PARTICIPAÇÕES LTDA.)
11. **EDF** – (EDF DIRECTION INGÉNIERIE DES PROJETS NOUVEAU)
12. **EDLOW** – (EDLOW INTERNATIONAL COMPANY)
13. **EGIS** – (EGIS – ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.)
14. **ELETROBRAS ELETRONUCLEAR** – (ELETROBRAS TERMONUCLEAR S/A ELETRONUCLEAR)
15. **ENBPAR** – (EMPRESA BRASILEIRA DE PARTICIPACOES EM ENERGIA NUCLEAR E BINACIONAL S.A.)
16. **ENGETEC** – (ENGETEC CONSTRUÇÕES E MONTAGENS S.A.)
17. **FRAMATOME** – (FRAMATOME ANP LTDA.)
18. **HOLTEC** – (HOLTEC DO BRASIL SERVIÇOS E EMPREENDIMENTOS LTDA.)
19. **IDOM** – (IDOM CONSULTING ENGINEERING ARCHITECTURE SAU.)
20. **INB** – (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL S/A)
21. **LZA ENGENHARIA** – (LZA ENGENHARIA E GERENCIAMENTO LTDA.)
22. **MPE** – (MPE ENGENHARIA E SERVIÇOS S.A.)
23. **NUCLEP** – (NUCLEBRÁS EQUIPAMENTOS PESADOS S/A)
24. **OEC** – (OEC S.A.)
25. **ROSATOM** – (ROSATOM AMERICA LATINA LTDA.)
26. **TAM INTERNATIONAL LP** – (TAM INTERNATIONAL LP)
27. **THEIA NUCLEAR** – (THEIA NUCLEAR DISTRIBUIDORA DE RADIOFARMACOS EM MEDICINA NUCLEAR LTDA.)
28. **TRACTEBEL ENGIE** – (TRACTEBEL ENGINEERING LTDA.)
29. **WESTINGHOUSE** – (ELECTRIC DO BRASIL SERVIÇOS PARA CENTRAIS NUCLEARES LTDA.)

NOUS SOMMES L'ABDAN

Depuis 36 nous promovons

LE DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR NUCLÉAIRE

