

IAEA BULLETIN

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

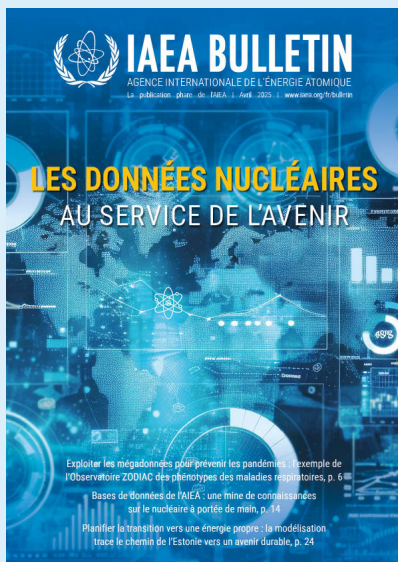
La publication phare de l'AIEA | Avril 2025 | www.iaea.org/fr/bulletin

LES DONNÉES NUCLÉAIRES AU SERVICE DE L'AVENIR

Exploiter les mégadonnées pour prévenir les pandémies : l'exemple de l'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires, p. 6

Bases de données de l'AIEA : une mine de connaissances sur le nucléaire à portée de main, p. 14

Planifier la transition vers une énergie propre : la modélisation trace le chemin de l'Estonie vers un avenir durable, p. 24



LE BULLETIN DE L'AIEA

est produit par le

Bureau de l'information et de la communication

Agence internationale de l'énergie atomique

Centre international de Vienne

B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

Tél. : (43-1) 2600-0

iaeabulletin@iaea.org

Rédaction : Kirstie Gregorich Hansen

Direction de la rédaction : Mary Albon

Conception et production : Ritu Kenn

Le **Bulletin de l'AIEA** est disponible dans toutes

les langues de l'ONU, à l'adresse suivante :

www.iaea.org/fr/bulletin

Des extraits des articles du Bulletin peuvent être utilisés librement à condition que la source soit mentionnée. Lorsqu'il est indiqué que l'auteur n'est pas fonctionnaire de l'AIEA, l'autorisation de reproduction, sauf à des fins de recension, doit être sollicitée auprès de l'auteur ou de l'organisation d'origine.

Les opinions exprimées dans le Bulletin ne représentent pas nécessairement celles de l'Agence internationale de l'énergie atomique, et cette dernière décline toute responsabilité à cet égard.

Couverture :

AdobeStock

Suivez-nous sur :



L'atome pour la paix
et le développement

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a pour mission d'aider à prévenir la prolifération des armes nucléaires et d'aider tous les pays – en particulier ceux en développement – à tirer parti de l'utilisation pacifique, sûre et sécurisée de la science et des technologies nucléaires.

Créée en tant qu'organisme autonome des Nations Unies en 1957, l'AIEA est le seul organisme du système des Nations Unies spécialisé dans les technologies nucléaires. Ses laboratoires spécialisés uniques en leur genre aident à transférer des connaissances et des compétences à ses États Membres dans des domaines comme la santé humaine, l'alimentation, l'eau, l'industrie et l'environnement.

L'AIEA sert aussi de plateforme mondiale pour le renforcement de la sécurité nucléaire. Elle a créé la collection Sécurité nucléaire, dans laquelle sont publiées des orientations sur la sécurité nucléaire faisant l'objet d'un consensus international. Ses travaux visent en outre à réduire le risque que des matières nucléaires et d'autres matières radioactives tombent entre les mains de terroristes ou de criminels, ou que des installations nucléaires soient la cible d'actes malveillants.

Les normes de sûreté de l'AIEA établissent les principes fondamentaux, les prescriptions et les recommandations qui permettent de garantir la sûreté nucléaire et sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un niveau élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les effets nocifs des rayonnements ionisants. Elles ont été élaborées pour tous les types d'installations et d'activités nucléaires destinées à des fins pacifiques ainsi que pour les mesures de protection visant à réduire les risques radiologiques existants.

En outre, l'AIEA vérifie au moyen de son système d'inspection que les États Membres respectent l'engagement qu'ils ont pris, au titre du Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires et d'autres accords de non-prolifération, de n'utiliser les matières et installations nucléaires qu'à des fins pacifiques.

Le travail de l'AIEA comporte de multiples facettes et fait intervenir un large éventail de partenaires aux niveaux national, régional et international. Les programmes et les budgets de l'AIEA sont établis sur la base des décisions de ses organes directeurs – le Conseil des gouverneurs, qui compte 35 membres, et la Conférence générale, qui réunit tous les États Membres.

Le Siège de l'AIEA est au Centre international de Vienne en Autriche. L'Agence a des bureaux extérieurs et des bureaux de liaison à Genève, à New York, à Tokyo et à Toronto, et exploite des laboratoires scientifiques à Monaco, à Seibersdorf et à Vienne. En outre, l'AIEA apporte son appui et contribue financièrement au fonctionnement du Centre international Abdus Salam de physique théorique à Trieste (Italie).

Données nucléaires : un carburant pour l'ingéniosité humaine et le progrès mondial

Par Rafael Mariano Grossi, Directeur général de l'AIEA

Des champs arides aux glaciers en fonte, les scientifiques et experts de l'AIEA recueillent, analysent et partagent des données pour nous permettre de progresser sur la voie de la paix, de la sécurité et du développement durable.

Les données nous aident à comprendre les causes profondes des grands défis auxquels le monde fait face aujourd'hui et à concevoir des solutions efficaces. Dans le secteur du nucléaire, les données sont essentielles à la recherche et au développement, et aident à élaborer des stratégies. Elles nous permettent non seulement d'élargir nos connaissances, mais également de mesurer les incidences, de suivre les progrès et de savoir quelles stratégies et technologies peuvent fonctionner. En collectant et en partageant des données, l'AIEA facilite la collaboration internationale et permet aux responsables de s'appuyer sur des faits pour prendre des décisions qui profiteront à toutes et tous.

La présente édition du Bulletin de l'AIEA montre que les données sont un des piliers du travail de l'Agence dans les nombreux secteurs où celle-ci intervient – de la santé et de la nutrition à l'agriculture, en passant par l'environnement, l'énergie ou encore la sûreté et la sécurité nucléaires. Cette édition est également l'occasion de montrer toute la richesse des bases de données de l'AIEA qui facilitent le travail des scientifiques et des décideurs aux quatre coins du monde.

Le présent Bulletin regorge d'histoires fascinantes. Notre travail va de l'infiniment petit à l'infiniment grand : du prélèvement d'échantillons à la main dans des terres gelées d'Antarctique à l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) et des technologies d'apprentissage automatique pour analyser les mégadonnées.

Au fil des pages, vous découvrirez l'histoire d'un scientifique bolivien qui a marché pendant six jours pour aller installer des appareils sur un glacier au Népal afin de permettre aux scientifiques locaux de recueillir des données sur la fonte du glacier et de suivre les conséquences de celle-ci sur les sols et les ressources en eau du pays. Vous verrez également comment une base de données de l'AIEA a aidé des responsables de la sécurité en Allemagne à protéger des stades dans les dix villes allemandes qui ont accueilli l'Euro 2024, le Championnat d'Europe de football de l'UEFA.

Derrière toute approche fondée sur des faits se trouvent des données, et les pays comptent sur les données, les outils d'analyse et le soutien de l'AIEA pour les aider dans leurs efforts de planification. À titre d'exemple, le Malawi s'est servi des données et des analyses de l'AIEA, mais également de l'appui apporté dans le cadre de l'initiative Rayons d'espoir, pour planifier et construire son premier centre public de traitement du cancer. De son côté, l'Estonie a utilisé un outil de l'Agence pour analyser les systèmes énergétiques et mettre au point un modèle en vue d'atteindre l'objectif zéro émission nette.

Les données sont à la base même des découvertes scientifiques. Pour progresser en matière d'énergie de fusion et passer de la phase d'expérimentation à la phase de commercialisation, l'AIEA collecte et partage des données sur toutes les étapes de la recherche et du développement – de la science du processus de fusion jusqu'à la conception et à l'exploitation d'installations.

Cette édition du Bulletin de l'AIEA montre également comment l'IA et l'apprentissage automatique peuvent aider à améliorer la recherche et l'analyse et, partant, permettre d'élargir les connaissances et d'accélérer le progrès. Par exemple, dans le cadre de son initiative phare Action intégrée contre les zoonoses (ZODIAC), l'AIEA se servira de l'IA et de l'apprentissage automatique pour déceler des tendances dans les zoonoses respiratoires, que les animaux peuvent transmettre aux humains, afin de détecter de nouveaux variants susceptibles de causer des pandémies.

L'IA devient rapidement un outil incontournable dans la science et l'industrie, et le secteur nucléaire ne fait pas exception. En réalité, l'électronucléaire pourrait jouer un rôle clé si l'IA continue de gagner en importance dans nos vies. En 2022, à l'échelle mondiale, les centres de données alimentant l'IA ont consommé environ 460 térawattheures (TWh) – ce qui équivaut à la consommation annuelle d'électricité de la France. En décembre, l'AIEA organisera un colloque international pour voir comment l'énergie nucléaire pourrait aider à couvrir les besoins croissants en électricité des centres de données et, inversement, comment l'IA pourrait aider l'industrie électronucléaire.

Les données sont une ressource clé, car elles sont un moteur d'ingéniosité. En encourageant la collaboration internationale en matière de collecte et d'utilisation des données, l'AIEA facilite l'acquisition de connaissances, qui nous aideront à relever les défis communs et à bâtir un avenir meilleur pour toutes et tous.





1 Données nucléaires : un carburant pour l'ingéniosité humaine et le progrès mondial



4 Des Andes à l'Himalaya,
comprendre l'incidence du recul des glaciers sur les sols et l'eau



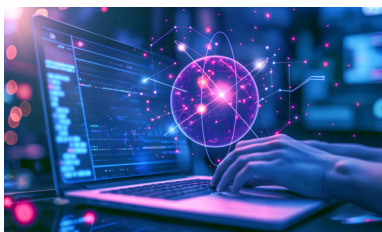
6 Exploiter les mégadonnées pour prévenir les pandémies :
l'exemple de l'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires



8 Grâce à la collecte de données, le Malawi ouvre son premier centre public de radiothérapie



10 Traçage des microplastiques dans les glaces de l'Antarctique :
les travaux des scientifiques livrent des données lourdes de sens sur la santé des océans



14 Bases de données de l'AIEA :
une mine de connaissances sur le nucléaire à portée de main



18 Comprendre les rejets radioactifs :
les scientifiques mettent à profit la base de données de l'AIEA pour améliorer le contrôle radiologique de l'environnement



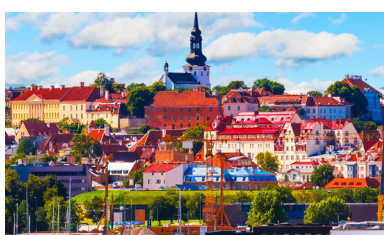
20 Cap sur l'énergie propre :

les outils qui font progresser la recherche-développement sur la fusion



22 Les données au service du progrès :

gros plan sur le Système d'information sur les réacteurs de puissance de l'AIEA



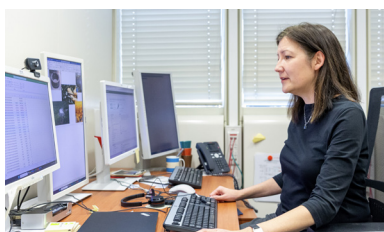
24 Planifier la transition vers une énergie propre :

la modélisation trace le chemin de l'Estonie vers un avenir durable



26 Des données à l'appui de la sécurité nucléaire :

la Base de données sur les incidents et les cas de trafic de l'AIEA



28 Une journée dans la vie d'une analyste du commerce nucléaire de l'AIEA

INFOS AIEA

30 Actualités

32 Publications

Des Andes à l'Himalaya,

comprendre l'incidence du recul des glaciers sur les sols et l'eau

Par Emma Midgley

Fin novembre, après une randonnée de six jours dans les montagnes glacées de l'Himalaya, le scientifique bolivien Edson Ramírez a positionné un humidimètre à neutrons de rayons cosmiques sur le glacier Yala au Népal. Dès son installation, l'appareil a commencé à transmettre par satellite des données exactes et en temps réel portant sur l'accumulation de neige sur le glacier.

En sanskrit, le mot Himalaya signifie « séjour des neiges ». Mais avec l'accélération du réchauffement climatique, les glaciers de l'immense chaîne de montagnes d'Asie centrale se sont mis à fondre, à s'affaiblir, à s'effondrer puis à disparaître à un rythme sans précédent.

En mesurant les neutrons près de la surface du sol sur une zone étendue, les humidimètres à neutrons de rayons cosmiques permettent aux scientifiques de mesurer précisément les niveaux d'humidité de la neige et des sols. Ces données servent ensuite à indiquer si les glaciers accumulent suffisamment de neige pour résister aux mois les plus chauds, ou si les zones humides sont au contraire en train de s'assécher. Les activités innovantes de recherche-développement de l'AIEA menées par le Centre mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture ont contribué à la mise au point de ces sondes à neutrons qui permettent aux scientifiques de renforcer la préparation des interventions d'urgence liées au climat.

Avant l'installation de l'humidimètre à neutrons de rayons cosmiques sur le glacier Yala, les scientifiques présents au Népal dépendaient de relevés mensuels ou annuels pour suivre l'évolution du glacier. Désormais, ils reçoivent des mises à jour régulières sur les variations les plus récentes de l'accumulation de neige. La mise à disposition de façon fiable de telles données permet d'orienter les stratégies et les politiques qui aideront le pays à s'adapter aux futures pénuries d'eau.

Edson Ramírez, glaciologue de l'Université supérieure de San Andrés en Bolivie, a été formé à l'utilisation des données fournies par l'humidimètre à neutrons de rayons cosmiques à l'occasion d'un programme de coopération technique (CT) de l'AIEA, qui s'inscrit dans le cadre d'une décennie de projets de l'Agence visant à renforcer la capacité des pays à évaluer les effets des changements climatiques dans les régions polaires et glaciaires à l'aide de techniques nucléaires. « Me rendre au Népal m'a donné l'occasion de transmettre mes compétences à des scientifiques d'autres pays », a déclaré Edson Ramírez. « L'humidimètre à neutrons de rayons cosmiques va aider les scientifiques à mieux comprendre les changements du glacier au cours du temps et à prévoir les incidences possibles sur les sols et les ressources en eau. »

Au Népal, la disparition de la neige et de la glace a de graves conséquences. Des millions de personnes dépendent de l'eau libérée par leur fonte : quand ces sources d'eau s'assèchent, des villages entiers sont abandonnés. En outre, avec la disparition des glaciers, les sols risquent de devenir instables, ce qui entraînerait

érosion et glissements de terrain et rendrait l'agriculture impossible.

Avant de partir pour le Népal, Edson Ramírez, en collaboration avec l'AIEA, a participé à l'installation en Bolivie du plus haut humidimètre à neutrons de rayons cosmiques du monde. Implanté au sommet du Huayna Potosí, montagne culminant à 4 500 mètres au-dessus du niveau de la mer, l'appareil doit mesurer l'accumulation de neige et son équivalent en eau dans une région dont les populations souffrent elles aussi de pénuries d'eau causées par la disparition des glaciers. Dans le même bassin versant, un autre humidimètre à neutrons de rayons cosmiques surveille l'humidité des sols dans les zones humides de haute altitude. Ces bassins versants sont des réservoirs de carbone qui jouent un rôle essentiel dans la régulation des réserves d'eau de la région ; ils sont par conséquent particulièrement vulnérables aux changements climatiques.

En travaillant dans des régions montagneuses ou polaires telles que l'Antarctique ou l'Arctique, les experts de l'AIEA ont également formé des scientifiques locaux à l'utilisation de l'analyse isotopique et de méthodes complémentaires permettant de retracer les effets des changements climatiques dans ces zones au cours des millénaires. Les empreintes chimiques et isotopiques peuvent révéler la manière dont la fonte des glaces a influé sur les mouvements et la qualité des sols, permettant ainsi aux pays de se préparer pour l'avenir.

« L'analyse des schémas historiques doit nous aider à comprendre les facteurs à l'origine des changements climatiques, ainsi que leur incidence sur les sols et les ressources en eau », indique Gerd Dercon, chef de la Section de la gestion des sols et de l'eau et de la nutrition végétale du Centre mixte FAO/AIEA. « Les changements climatiques vont-ils déclencher des boucles de rétroaction accélérant le réchauffement climatique, par exemple du fait de la réduction de la réflexivité des surfaces causée par la diminution de la couverture neigeuse et glaciaire ? C'est en étudiant le passé que nous comprendrons mieux l'avenir. »

L'AIEA met actuellement en œuvre une série de projets en lien avec les changements climatiques dans les régions polaires et montagneuses. À ce jour, l'Agence a formé des scientifiques issus de 14 pays. Une équipe composée de ces scientifiques et d'experts de l'AIEA a participé à 15 expéditions scientifiques à travers le monde. Ces possibilités de formation et ces expéditions – de l'île du Roi-George en Antarctique à l'archipel norvégien du Svalbard dans l'Arctique, en passant par les Andes et le plateau tibétain oriental – sont de parfaits exemples de la coopération Sud-Sud et de la coopération triangulaire en action, qui constituent un mécanisme essentiel de la mise en œuvre du programme de CT.

Un résultat significatif de ces expéditions a été l'établissement d'un réseau de surveillance international, doté d'une plateforme d'apprentissage en ligne hébergée par l'AIEA qui propose des modules de formation théorique et pratique portant sur

l'archivage, le partage et la visualisation des données. Le réseau a mis au jour des processus jusqu'alors inconnus en matière de redistribution du carbone organique du sol et des sédiments, en plus de fournir des renseignements sur la manière dont les parties du monde recouvertes par la glace (désignées par le terme « cryosphère ») subissent les effets des changements climatiques.

Près de deux milliards de personnes, soit un quart de la population mondiale, vivent dans des zones où l'alimentation en eau dépend des glaciers et de la fonte saisonnière des neiges. Les changements climatiques ont déjà des conséquences sur la sécurité hydrique et alimentaire, car ils mettent en péril certains des écosystèmes les plus fragiles de notre planète. Il est dès lors indispensable de disposer en temps réel de données fiables pour aider les populations partout dans le monde à s'adapter au réchauffement climatique.

« L'humidimètre à neutrons de rayons cosmiques va aider les scientifiques à mieux comprendre les changements du glacier au cours du temps et à prévoir les incidences possibles sur les sols et les ressources en eau. »

— Edson Ramírez, glaciologue de l'Université supérieure de San Andrés en Bolivie, devant le nouvel humidimètre qui vient d'être installé sur le glacier Yala, au Népal.

(Photo : Université Tribhuvan, Népal)



Exploiter les mégadonnées pour prévenir les pandémies : l'exemple de l'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires

Par Enrique Estrada Lobato et Mary Albon

Chaque année, environ 2,6 milliards de personnes sont touchées par des maladies d'origine animale (zoonoses), qu'il est essentiel de détecter et de caractériser avant l'apparition d'un foyer, ou à un stade précoce, pour prévenir les pandémies.

Dans le cadre de l'Action intégrée contre les zoonoses (ZODIAC) lancée par l'AIEA en 2020, l'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires s'apprête à constituer un référentiel d'imagerie médicale sécurisé dans le but d'encourager la coopération mondiale en matière d'analyse de données à grande échelle de profils pathologiques et de permettre ainsi la détection précoce de zoonoses susceptibles d'être à l'origine de pandémies.

L'Observatoire aura recours à l'IA, et notamment à l'apprentissage automatique et à l'apprentissage profond, pour identifier les profils de maladies respiratoires telles que le syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS), le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), la COVID-19 et la pneumonie, et pour détecter l'apparition de nouveaux variants.

« L'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires de l'AIEA jouera un rôle important pour déceler

l'apparition de nouvelles maladies infectieuses partout dans le monde, surveiller leur propagation et mettre rapidement au point des modèles d'IA pour le suivi des traitements », indique le Professeur Georg Langs, directeur du Laboratoire de recherche en imagerie computationnelle de l'Université de médecine de Vienne, l'un des principaux laboratoires associés au projet. « Grâce aux liens de collaboration noués avec des instituts de recherche du monde entier, l'Observatoire sera en mesure d'analyser un ensemble de données sur les maladies respiratoires beaucoup plus vaste et plus diversifié sur le plan démographique que les études réalisées précédemment. »

Imagerie médicale et mégadonnées

L'imagerie médicale tient une place primordiale dans le diagnostic et le suivi des maladies infectieuses. Il arrive cependant que les clichés ainsi obtenus soient difficiles à analyser en raison de leur complexité.

L'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires fera appel à la radiomique, une méthode d'extraction de données à grande échelle, ou mégadonnées, à partir d'études d'imagerie médicale. La radiomique utilise des algorithmes de caractérisation des données pour déterminer les signes de la maladie, ce qui permet de poser un diagnostic plus précis et facilite la mise en place de thérapies personnalisées.

L'IA peut compléter la radiomique en repérant des profils pathologiques et des anomalies dans de grands volumes de données. Ces techniques peuvent aussi servir à identifier les profils de maladies émergentes, ce qui peut contribuer à empêcher que des foyers d'agents pathogènes nouveaux ne provoquent des pandémies.

Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires

Au cours des deux premières années, l'Observatoire s'attachera à constituer un référentiel d'imagerie médicale qu'il mettra à

L'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires fera appel à la radiomique, une méthode d'extraction de données à grande échelle, ou mégadonnées, à partir d'études d'imagerie médicale.

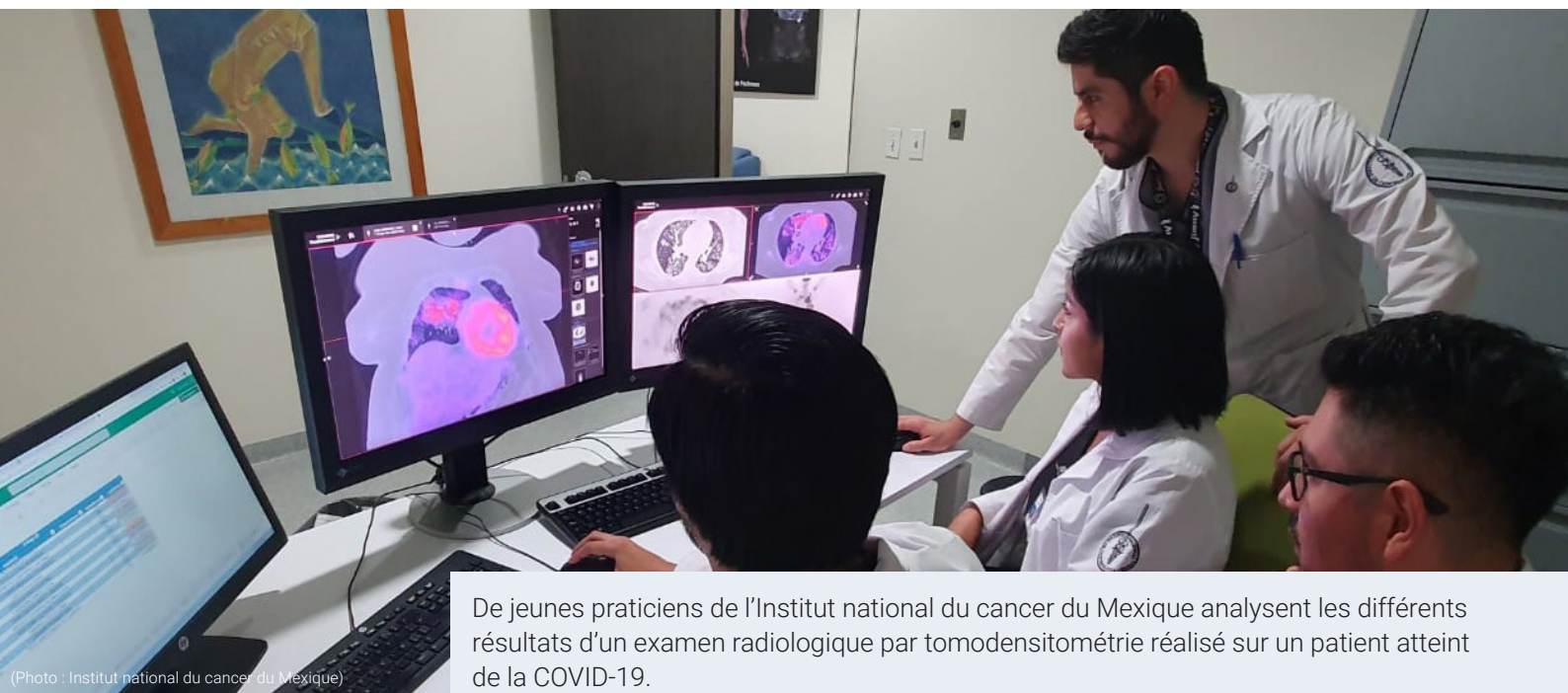


Pour en savoir plus

Le Professeur Georg Langs de l'Université de médecine de Vienne explique comment les algorithmes utilisés dans l'intelligence artificielle (IA) peuvent servir à analyser les clichés pulmonaires obtenus par tomodensitométrie.



(Photo : Université de médecine de Vienne)



De jeunes praticiens de l'Institut national du cancer du Mexique analysent les différents résultats d'un examen radiologique par tomодensitométrie réalisé sur un patient atteint de la COVID-19.

profit pour élaborer et valider des algorithmes d'analyse de données d'imagerie. Il passera au crible les études menées par 20 instituts de recherche du monde entier et offrira à des groupes de chercheurs la possibilité de définir et mettre au point des techniques d'intelligence artificielle novatrices. Il permettra d'exercer une surveillance automatique des maladies émergentes fondée sur l'IA, qui se matérialisera sous la forme d'un déclenchement d'une alerte à chaque fois que les algorithmes détecteront un nouveau profil. Il sera ainsi possible de comparer et d'évaluer rapidement les données qui lui parviennent afin de repérer l'apparition de nouvelles maladies susceptibles d'entraîner une pandémie et d'y réagir sans tarder.

L'Observatoire procédera également à une analyse démographique des nouvelles pathologies respiratoires infectieuses. En identifiant les caractéristiques des maladies et leurs manifestations spécifiques restituées par l'imagerie médicale, il pourra contribuer à déterminer les différences cliniques dans l'évolution des complications propres à ces affections, en fonction de facteurs tels que l'âge, le sexe, la race, l'origine ethnique, la région géographique et les pathologies préexistantes.

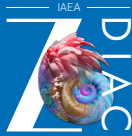
Issu d'un projet de recherche coordonné de l'AIEA, l'Observatoire ZODIAC des phénotypes des maladies respiratoires bénéficie de l'appui de nombreux partenaires qui mettent à disposition des ressources et outils dans leurs domaines de compétence respectifs.

Amazon Web Services (AWS), l'un des principaux soutiens du projet, a octroyé dans le cadre de son programme AWS Grand Challenges une subvention qui permettra de doter l'Observatoire d'un serveur hébergé sur le cloud.

« Nous considérons qu'il s'agit là d'un investissement important dans le domaine de la prévention, qui contribuera à protéger la santé humaine au niveau mondial », fait valoir Chris Russ, Senior Solutions Architect chez AWS. « En tirant parti de l'informatique dématérialisée, l'Observatoire ZODIAC de l'AIEA pourra détecter l'apparition de pandémies en temps réel et alerter les autorités pour qu'elles prennent des mesures. »

À la contribution financière versée par AWS viennent s'ajouter des soutiens en nature sous diverses formes : le Centre médical de l'Université Radboud assure la gestion de la base de données de l'Observatoire et lui fournit un certain nombre d'éléments ; l'Institut Fraunhofer pour la médecine numérique s'occupe de la conservation du back-end et de l'interface web ; Contextflow GmbH apporte son concours au développement de l'IA pour la détermination des profils pathologiques ; et l'Université de médecine de Vienne met à disposition ses connaissances et compétences scientifiques et médicales. Parmi les instituts de recherche qui participent à cette initiative figurent par ailleurs des hôpitaux de 19 pays. Le projet est également soutenu par la République de Corée.

« L'Observatoire ZODIAC a une portée mondiale, et nous tablons donc sur la collaboration et l'appui de partenaires scientifiques et industriels du monde entier », souligne Najat Mokhtar, Directrice générale adjointe de l'AIEA chargée du Département des sciences et des applications nucléaires. « En travaillant ensemble, en partageant nos données, nos connaissances et nos compétences, nous pouvons renforcer la capacité des pays à faire plus rapidement et plus efficacement face aux maladies émergentes et à empêcher ainsi l'apparition de nouvelles pandémies. »



L'initiative ZODIAC de l'AIEA aidera les États Membres à mieux se préparer aux zoonoses et à renforcer leurs capacités pour qu'ils puissent détecter rapidement ces maladies et y réagir.



Pour en savoir plus

Grâce à la collecte de données, le Malawi ouvre son premier centre public de radiothérapie

Par Ellen Swabey-Van de Borne et Felix Omanja Wanjala

Le Malawi apporte les dernières touches à son nouveau centre public de radiothérapie à Lilongwe et se prépare à diagnostiquer et à traiter les personnes atteintes de cancer sur son sol pour la première fois de son histoire.

« L'ouverture du centre de traitement marque le début d'une nouvelle ère pour mon pays », se félicite Sanderson Kuyeli, directeur adjoint chargé de la planification (gestion des infrastructures sanitaires) au Ministère de la santé du Malawi. « Nous n'avons plus besoin d'envoyer nos patientes et patients atteints de cancer à l'étranger. Désormais, nous pouvons les soigner ici, auprès de leur famille. »

Le nouveau centre de radiothérapie, dont l'ouverture est prévue d'ici la fin de l'année, repose sur une approche fondée sur des données probantes et bénéficie de l'appui de l'AIEA et de ses experts.

Le Malawi doit en grande partie ce succès historique à ses efforts rigoureux de collecte de données, à l'engagement

sans faille du Ministère de la santé et au soutien de l'AIEA et de ses partenaires. Grâce à son approche fondée sur des données probantes, le pays a pu élaborer une proposition de financement stratégique, ce qui lui a permis de bénéficier d'un prêt du Fonds OPEP pour le développement international en 2018.

« Tout a commencé en 2012, avec une mission d'examen imPACT », explique Shaukat Abdulrazak, directeur de la Division de l'Afrique de l'AIEA. « Cette première mission de recherche d'informations, menée conjointement par l'AIEA, l'Organisation mondiale de la Santé et le Centre international de recherche sur le cancer, a permis au Malawi de disposer d'un état des lieux et d'un ensemble de recommandations destinées à orienter les activités de planification et d'investissement relatives à tous les aspects de la lutte contre le cancer, de la prévention aux soins palliatifs. »

« Depuis plus de 65 ans, nos spécialistes de la santé humaine recueillent des données sur l'accès à la radiothérapie au moyen du Registre des centres de radiothérapie (DIRAC). Ces personnes aident également les pays à se doter de capacités d'utilisation des rayonnements ionisants en vue de résoudre les problèmes sanitaires urgents de manière sûre et efficace, et à renforcer ces capacités », précise May Abdel-Wahab, directrice de la Division de la santé humaine de l'AIEA. « Le vaste soutien que l'AIEA apporte au Malawi témoigne de l'efficacité de l'aide fournie

Le DIRAC

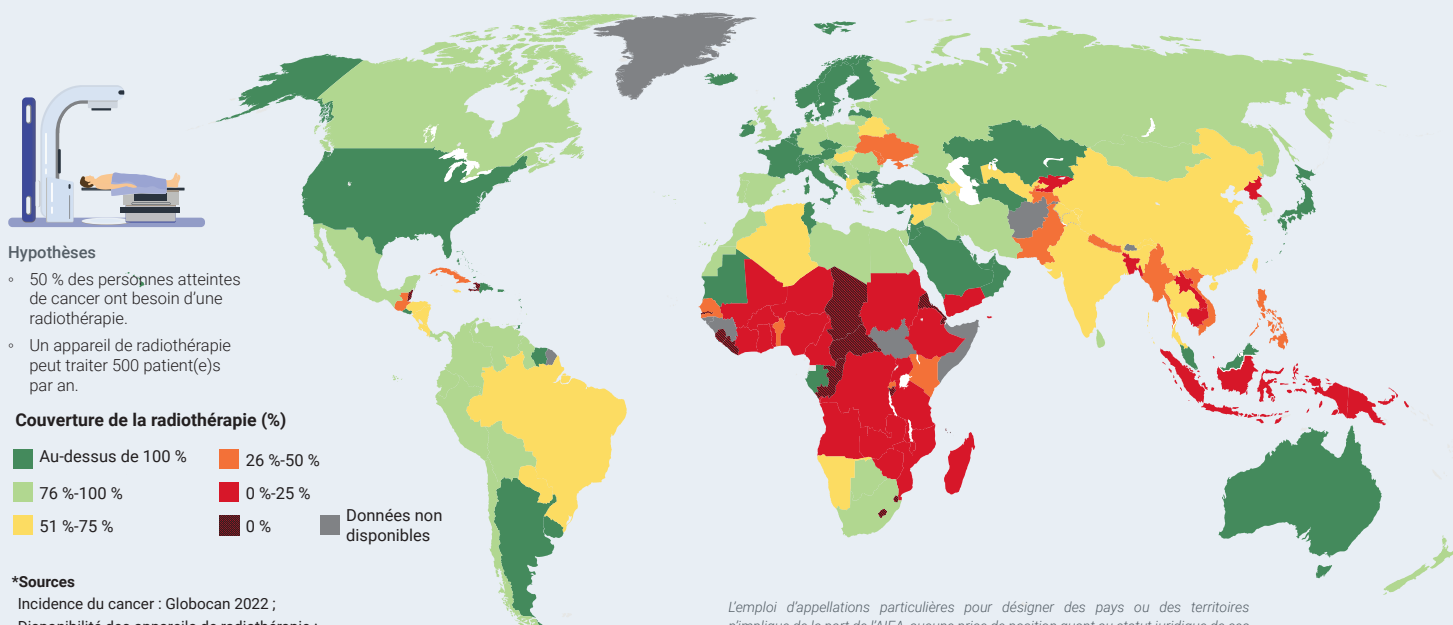
est la base d'informations la plus complète au monde dans le domaine de la radiothérapie.



Pour en savoir plus

Accès à la radiothérapie dans le monde

Disponibilité d'appareils de radiothérapie par rapport au nombre de personnes atteintes de cancer*





Au Malawi, le nouveau centre compte

- 4 bunkers de radiothérapie
- 2 bunkers de curiethérapie
- 2 accélérateurs linéaires
- 1 appareil au cobalt 60
- 1 scanner simulateur
- 1 installation de curiethérapie

(Photo : M. Kumwembe/Hôpital central Kamazu, Lilongwe)

par nos spécialistes grâce à leurs compétences – une assistance qui est à présent dispensée dans le cadre de Rayons d'espoir, l'initiative de l'AIEA destinée à élargir l'accès aux soins contre le cancer à l'échelle mondiale. »

Sur la base des données recueillies, un soutien technique a été apporté dans le cadre du programme de l'AIEA relatif à la santé humaine afin de construire le centre de radiothérapie au Malawi. Ce soutien portait sur toutes les étapes du projet, de la conception des bunkers aux spécifications des équipements, en passant par la passation des marchés et la coordination avec les fournisseurs, et visait à garantir que l'installation et la mise en service soient réalisées en temps voulu.

Au Malawi, le nouveau centre dispose de 4 bunkers de radiothérapie et de 2 bunkers de curiethérapie. Elle sera mise en service avec 2 accélérateurs linéaires, un appareil au cobalt 60, un scanner simulateur et une installation de curiethérapie. L'AIEA a également formé plus de 20 membres du personnel médical spécialisé et de l'Autorité de réglementation de l'énergie atomique chargés d'inspecter la nouvelle installation de radiothérapie et d'octroyer les autorisations s'y rapportant.

En 2023, à la 67^e Conférence générale de l'AIEA, Khumbize Kandodo Chiponda, Ministre de la santé du Malawi, a déclaré : « Notre réussite témoigne du travail que l'AIEA accomplit en matière de formation de jeunes scientifiques dans les domaines liés au nucléaire, de fourniture de services d'experts et d'acquisition d'équipements de radiothérapie. En tant que pays, nous sommes ravis de pouvoir bientôt traiter nos patientes et patients atteints de cancer sur notre sol. »

« L'AIEA aide ses États Membres à avoir une vision complète de leurs capacités et besoins en matière de lutte contre le cancer », explique Lisa Stevens, directrice du Programme d'action en faveur de la cancérothérapie de l'AIEA. Par exemple, la carte de l'AIEA sur la disponibilité de la radiothérapie dans le monde,

élaborée à partir des données du DIRAC et d'autres sources, permet de mettre en rapport la disponibilité des appareils de radiothérapie dans chaque pays et les besoins en matière de traitement par radiothérapie, sachant que ces traitements sont nécessaires pour la moitié des patients adultes atteints de cancer.

« Ce type d'outils nous rappelle l'inégalité dans l'accès aux soins contre le cancer, dont pâtissent plus fortement les patientes et les patients des pays à revenu faible ou intermédiaire que celles et ceux des autres régions du monde », ajoute Lisa Stevens.

Le DIRAC, la base de données la plus complète au monde sur les ressources de radiothérapie, permet aux pays de prendre des décisions fondées sur des données probantes afin d'améliorer l'accès aux soins contre le cancer. Ce registre peut être utilisé pour évaluer l'infrastructure de radiothérapie existante, planifier l'établissement de nouveaux centres de radio-oncologie et analyser les performances et la qualité des services de radiothérapie. Des données sur toutes les facettes de la lutte contre le cancer sont recueillies lors des examens IMPACT et apportent des informations cruciales à l'appui de l'initiative Rayons d'espoir et des efforts déployés dans ce contexte pour combler le fossé en matière de soins contre le cancer qui existe à l'échelle mondiale.

Pour en savoir plus sur

IAEA
RAYS OF HOPE
CANCER CARE FOR ALL

et pour découvrir les possibilités de partenariat avec l'AIEA, scannez ici



Traçage des microplastiques dans les glaces de l'Antarctique : les travaux des scientifiques livrent des données lourdes de sens sur la santé des océans

Par Wolfgang Picot

« Je n'ai pas de mots pour rendre l'époustouflante beauté du panorama qui s'offre à nos yeux », écrivait en janvier 1911 le légendaire explorateur polaire Robert Falcon Scott dans le journal qu'il avait tenu lors d'une expédition en Antarctique. Cette impression est partagée par les experts de l'AIEA – Marc Metian, François Oberhaensli et Carlos Alonso – qui se sont aventurés jusqu'au septième continent en janvier 2024. « Les icebergs, les conditions météorologiques sans cesse changeantes, la faune, tous ces éléments s'imbriquent dans cet environnement extrême pour former un extraordinaire tableau », raconte Marc Metian.

Falcon Scott contemplait, il y a de cela plus d'un siècle, un paysage totalement vierge. Aujourd'hui, la pollution touche même les régions les plus reculées de la planète. Un constat auquel n'échappe pas l'Antarctique. Afin de mieux appréhender le problème de la pollution marine, les scientifiques se sont lancés dans la première expédition de recherche mise sur pied par l'AIEA en Antarctique pour étudier de plus près les microplastiques présents sur le continent blanc et dans les eaux qui l'entourent. Organisé par l'Institut antarctique argentin, ce périple les a menés à quelque 15 000 kilomètres de leur lieu de travail, les Laboratoires de l'environnement marin de l'AIEA à Monaco.

Aujourd'hui, la pollution touche même les régions les plus reculées de la planète. Un constat auquel n'échappe pas l'Antarctique.

« Les microplastiques sont des particules dont la taille se situe entre un micron et cinq millimètres. Les recherches sont pour la plupart réalisées sur des fragments de plus grande taille, mais nous nous sommes concentrés pour notre part sur

des matériaux extrêmement petits, dont certains ne mesuraient pas plus de 20 microns », explique François Oberhaensli, soulignant l'approche spécifique retenue pour cette mission destinée à détecter la pollution à des échelles sans précédent.

Se déplaçant en hélicoptère, en avion de transport militaire et en brise-glace, les scientifiques ont collecté, sur 22 sites différents, des échantillons allant de l'eau de mer aux sédiments, en passant par les déjections de manchots et les organismes marins.

Le recueil de ces échantillons n'a pas été chose facile. Les scientifiques ont travaillé par des températures descendant jusqu'à -25° C et ont dû braver des vents atteignant parfois 160 km/h. Si éprouvantes fussent-elles pour les chercheurs, ces conditions ne semblaient en rien perturber la faune environnante.

« Durant notre halte à la base Esperanza, nous nous sommes trouvés au milieu d'une colonie de manchots, se souvient François Oberhaensli. Lorsque nous avons ouvert la porte, nous nous sommes trouvés face à face avec des manchots. Une tempête de glace s'est abattue, qui rendait nos déplacements quasiment impossibles ; les manchots, eux, allaient et venaient tranquillement, chassant le poisson et nourrissant leurs petits. C'était incroyable. »



Travaux de recherche et renforcement des capacités pour tenter de remédier à l'un des problèmes mondiaux les plus pressants

L'expédition en Antarctique fait partie de l'initiative phare de l'AIEA intitulée Technologie nucléaire au service de la lutte contre la pollution par le plastique (NUTEC Plastics). La surveillance du milieu marin constitue un pilier central de cette initiative, compte tenu des quantités considérables de déchets plastiques qui finissent dans les océans. NUTEC Plastics collabore également avec différents pays pour s'attaquer au problème à la source en mettant au point des techniques novatrices qui visent à améliorer le recyclage des plastiques.

Afin d'appuyer les activités de recherche marine, NUTEC Plastics livre du matériel d'échantillonnage marin à des laboratoires du monde entier et dispense des formations concernant son utilisation. L'initiative encourage le partage des données sur la pollution des océans par les microplastiques, et promeut les pratiques optimales en matière de collecte et d'analyse des données au moyen de techniques nucléaires et isotopiques.

Montée dans le cadre d'un projet de coopération technique en Argentine, l'expédition en Antarctique a également consisté en une mission de renforcement des capacités. Les experts de l'AIEA ont ainsi formé des chercheurs argentins à l'utilisation des techniques nucléaires et isotopiques pour l'analyse des microplastiques. « Le transfert de connaissances est l'un de nos principaux objectifs », souligne Carlos Alonso, qui précise que les équipes de chercheurs d'Argentine et d'ailleurs disposeront à l'avenir du même matériel de pointe grâce à l'initiative NUTEC Plastics.

Depuis la visite effectuée en 2022 par son Directeur général, Rafael Mariano Grossi, l'AIEA apporte son concours aux scientifiques de l'Institut antarctique argentin qui s'occupent d'étudier la pollution du milieu marin, une aide qui se traduit par l'organisation de formations destinées au personnel, la fourniture de matériel d'analyse et l'octroi de bourses de

coopération technique dans les Laboratoires de l'environnement marin de l'AIEA.

Pour Frank Sznajder, membre du Conseil national argentin de la recherche scientifique et technologique, « le soutien de l'AIEA est très important pour le développement scientifique du pays. L'approche de l'Agence, qui consiste à analyser des échantillons nombreux et variés grâce à sa technologie dérivée du nucléaire, encore peu répandue en Argentine, permet de mieux comprendre l'impact des microplastiques sur l'environnement marin qui entoure notre pays et nos bases antarctiques. » Frank Sznajder espère que ces activités communes de recherche marqueront le début d'une collaboration permanente qui renforcera les capacités scientifiques de l'Argentine. « Il ne fait aucun doute que plus nous disposerons de données provenant du monde entier, en particulier de zones reculées et sensibles telles que les mers australes, plus nous serons en mesure de gérer et combattre efficacement ce type de pollution. »

Les technologies nucléaires tiennent une place essentielle dans la recherche sur les microplastiques. L'analyse de particules de cette taille pose des difficultés techniques. Grâce notamment à la spectroscopie vibrationnelle, les scientifiques peuvent caractériser les différents types de plastique et éventuellement retracer leur origine. Ces informations sont primordiales pour élaborer des stratégies ciblées de réduction de la pollution.

IAEA
NUTEC
PLASTICS

encourage le partage des données sur la pollution des océans par les microplastiques, et promeut les pratiques optimales en matière de collecte et d'analyse des données au moyen de techniques nucléaires et isotopiques.



Pour en savoir plus

Des scientifiques de l'AIEA exposent des matières plastiques aux eaux de l'océan Antarctique pour en déterminer les taux et schémas de dégradation.

(Photo - Institut antarctique argentin)



Marc Metian, François Oberhaensli et Carlos Alonso à la station de recherche Esperanza, en Argentine.

(Photo : AIEA)



Marc Metian et François Oberhaensli recueillent des échantillons de sable d'une plage antarctique près de la station de recherche argentine Carlini. (Photo : Institut antarctique argentin)



« L'identification des types de polymères nous permet d'avoir des indications quant à la source de la pollution », explique François Oberhaensli. « Ainsi, le polyéthylène téréphtalate (PET) est couramment utilisé pour le conditionnement des bouteilles d'eau notamment, tandis que le polyamide peut provenir de fibres textiles. »

Les chercheurs de l'AIEA ont bénéficié d'un appui important de la part de la communauté internationale de scientifiques qui s'intéresse à l'Antarctique. Dans un lieu où l'activité humaine ne représente qu'un minuscule point dans une immensité de mer et de glace, et où les conditions météorologiques peuvent changer d'heure en heure, les gens se rapprochent et se soutiennent mutuellement.

« La mission a été organisée avec l'aide précieuse de l'Argentine ; nous avons visité une base chilienne et une base uruguayenne, indique Marc Metian. Nous avons rencontré des scientifiques du monde entier spécialisés dans les questions polaires et avons partout reçu un accueil chaleureux. »

Des particules petites, mais d'une grande importance : premières constatations

De retour à Monaco, François Oberhaensli, Marc Metian et Carlos Alonso ont entrepris de dissoudre des palourdes, des poissons, des déjections de manchots et autres échantillons selon un processus sophistiqué faisant appel à des techniques nucléaires et radiologiques, qui n'affecte pas les microplastiques. Ils ont ainsi pu déterminer les types et les origines des microplastiques qu'ils ont trouvés – autant d'informations indispensables pour définir des politiques efficaces de lutte contre la pollution à l'échelle mondiale.

Les premiers résultats se sont révélés alarmants : tous les échantillons analysés contenaient des microplastiques, notamment du polytétrafluoroéthylène (PTFE), du polychlorure de vinyle (PVC), du polypropylène et du polyéthylène

téréphtalate (PET). Ces constatations soulignent la dimension planétaire de la pollution plastique, même dans des territoires autrefois réputés vierges.

Plus important encore, les travaux de recherche mettent en évidence les risques potentiels que présentent les microplastiques pour l'environnement. Les petites particules de cette taille peuvent pénétrer les membranes des organismes et avoir des effets biologiques qui demeurent mal connus. « L'extrême petitesse des microplastiques fait que ces derniers parviennent à s'introduire dans un organisme par des moyens que n'ont pas les plastiques de plus grande taille », note François Oberhaensli.

Les données seront partagées par le biais de multiples canaux, notamment le Programme des Nations Unies pour l'environnement et le Partenariat mondial sur la pollution plastique et les déchets marins, de sorte que les résultats de la mission aideront à mieux comprendre, à l'échelle mondiale, la pollution marine par les plastiques.

Dans le droit fil des efforts menés par l'AIEA pour continuer à renforcer l'initiative NUTEC Plastics, cette mission en Antarctique représente une étape cruciale dans les actions engagées au niveau international pour surveiller et combattre la pollution plastique. La recherche ne livre pas seulement des informations scientifiques ; elle rappelle aussi, avec force, l'incidence des activités humaines jusque dans les régions les plus reculées de notre planète.

(Fotografía: M. Metian/OIEA)



BASES DE DONNÉES DE L'AIEA : une mine de connaissances sur le nucléaire à portée de main

Les données sont au cœur des activités de l'AIEA dans des domaines allant de l'agriculture et de l'environnement à la santé et à la nutrition, en passant par l'énergie, la sûreté et la sécurité nucléaires, et bien d'autres domaines encore.

On trouvera ci-dessous une sélection de bases de données que l'AIEA met à la disposition des décideurs, des scientifiques et d'autres spécialistes du monde entier pour soutenir leurs travaux.



AGRICULTURE ET ENVIRONNEMENT

■ RÉSEAU MONDIAL DE MESURE DES ISOTOPES DANS LES PRÉCIPITATIONS

Créé en 1960, le Réseau mondial de mesure des isotopes dans les précipitations (GNIP) permet aux scientifiques de disposer d'informations détaillées sur l'origine d'échantillons d'eau prélevés dans le monde entier, ce qui les aide à mieux comprendre le cycle de l'eau aux échelles locale et mondiale. Ce réseau leur permet également d'étudier l'évolution des régimes de précipitations, l'infiltration des différentes formes de précipitations dans les eaux souterraines et l'incidence des modifications des régimes pluviométriques mondiaux sur les ressources en eau locales. Les décideurs s'appuient sur ces informations pour gérer plus efficacement les ressources en eau.



Pour en savoir plus sur le **GNIP**



■ BASE DE DONNÉES FAO/AIEA SUR LES VARIÉTÉS MUTANTES

Des cultures plus fortes, plus saines et plus résistantes peuvent renforcer la sécurité alimentaire et contribuer au développement. La sélection par mutation des plantes est un processus respectueux de l'environnement qui utilise les rayonnements pour accélérer le processus naturel de mutation spontanée afin de produire des variétés végétales susceptibles d'offrir un meilleur rendement, un temps de culture plus court et une résistance accrue aux maladies, aux ravageurs et aux effets des changements climatiques. Du coton au maïs en passant par la tomate et le soja, plus de 200 nouvelles variétés de cultures essentielles sont répertoriées dans la base de données FAO/AIEA sur les variétés mutantes, qui compte actuellement plus de 3 400 variétés issues de 78 pays.



Pour en savoir plus sur
la **sélection par mutation**





SANTÉ ET NUTRITION

■ BASE DE DONNÉES SUR LA CONSOMMATION DE LAIT MATERNEL

Selon l'Organisation mondiale de la Santé, l'allaitement maternel exclusif pendant les six premiers mois de la vie optimise la croissance, le développement et la santé du nourrisson. La base de données sur la consommation de lait maternel de l'AIEA contient des données tirées d'études utilisant une technique isotopique non invasive qui permet de mesurer la quantité de lait consommée par les nourrissons allaités. La base de données, qui permet d'associer et d'harmoniser des études menées dans le monde entier, a pour objectif d'aider les chercheurs à mieux comprendre les pratiques d'allaitement et de contribuer à leur promotion.



Pour en savoir plus

■ BASE DE DONNÉES SUR LA COMPOSITION CORPORELLE

La base de données de l'AIEA sur la composition corporelle vise à aider les pays à concevoir de meilleures politiques sanitaires pour lutter contre les problèmes croissants liés à la malnutrition et à l'obésité partout dans le monde. Elle compile des données sur la proportion de graisse et de tissu maigre dans le corps humain, recueillies dans toutes les régions du monde et parmi tous les groupes d'âge à l'aide de techniques nucléaires. Ces données permettront de mieux comprendre la malnutrition, l'obésité et les facteurs influençant la composition corporelle, mais également de faciliter l'élaboration de stratégies nutritionnelles de prévention et de prise en charge.



Pour en savoir plus

■ BASE DE DONNÉES SUR L'EAU DOUBLEMENT MARQUÉE

Les mesures de la dépense énergétique sont utilisées pour déterminer le nombre de calories dont une personne a besoin pour assurer le fonctionnement de son organisme. Pour recueillir ces mesures, la base de données sur l'eau doublement marquée de l'AIEA s'appuie sur des études menées dans le monde entier utilisant la technique isotopique de l'eau doublement marquée. Cette méthode non invasive est la référence pour mesurer la dépense énergétique journalière. Ressource utile aussi bien pour les chercheurs que pour les responsables politiques, cette base de données a contribué à redéfinir notre compréhension du métabolisme énergétique humain et permet aux nutritionnistes de réévaluer les besoins énergétiques humains.



Pour en savoir plus

■ BASE DE DONNÉES SUR LES RESSOURCES MONDIALES EN IMAGERIE MÉDICALE ET EN MÉDECINE NUCLÉAIRE (IMAGINE)

L'imagerie médicale et la médecine nucléaire sont essentielles pour diagnostiquer et traiter diverses maladies, dont le cancer, les maladies cardiaques et les maladies infectieuses telles que la tuberculose. Cependant, l'accès à ces outils demeure très inégal. La base de données IMAGINE contient des informations détaillées sur les ressources en imagerie médicale et en médecine nucléaire de plus de 190 pays et territoires. Ces données sont essentielles à la planification stratégique visant à améliorer les résultats en matière de santé, en particulier dans les pays à revenu faible ou intermédiaire.



Pour en savoir plus sur **IMAGINE** et d'autres bases de données relatives à la santé humaine



UN MONDE DE CONNAISSANCES NUCLÉAIRES

Le **Système international d'information nucléaire** (INIS) héberge l'une des plus grandes collections au monde d'informations publiées sur les applications sûres, sécurisées et pacifiques de la science et de la technologie nucléaires.

L'INIS contient des références bibliographiques et des supports de connaissances en texte intégral, tant de littérature grise que de littérature conventionnelle, notamment des rapports scientifiques et techniques, des comptes rendus de conférences, des brevets et des thèses. Ce système porte sur tous les domaines d'activité de l'AIEA, dont le génie et la technologie nucléaires, la sûreté nucléaire et la radioprotection, les garanties et la non-prolifération, les applications des techniques nucléaires et isotopiques, la physique nucléaire, la physique des hautes énergies, la chimie nucléaire et radiologique, les applications nucléaires en sciences de la vie, les aspects environnementaux et économiques des sources d'énergie d'origine nucléaire et non nucléaire, ainsi que les questions juridiques.

Établi en 1970, l'INIS est administré par l'AIEA en coopération avec plus de 130 pays. Il aide les États Membres à se doter de capacités en matière d'information nucléaire et à renforcer ces capacités grâce au programme de coopération technique de l'AIEA, ainsi qu'aux cours en ligne et aux formations portant sur tous les aspects des opérations de l'INIS.



Pour savoir plus
sur l'**INIS**



ÉNERGIE

■ SYSTÈME D'INFORMATION SUR LES RÉACTEURS AVANCÉS

La base de données du Système d'information sur les réacteurs avancés (ARIS) permet aux pays de disposer d'informations équilibrées, exhaustives et à jour sur les modèles et concepts de réacteurs nucléaires avancés ainsi que sur les grandes tendances en matière de développement. ARIS répertorie des réacteurs de puissance de toutes tailles et de tous types, notamment des concepts de réacteurs innovants encore en cours de développement. Il s'agit d'une ressource précieuse pour les pays dotés de programmes électronucléaires ainsi que pour ceux qui envisagent de construire leur première centrale nucléaire.



Pour en savoir plus sur l'**ARIS**

■ BASE DE DONNÉES SUR LES RÉACTEURS DE RECHERCHE

Plus d'un tiers des réacteurs nucléaires en service dans le monde sont des réacteurs de recherche qui produisent des neutrons à des fins médicales, industrielles et agricoles, et sont utilisés pour la recherche, le développement et la formation théorique et pratique. La base de données sur les réacteurs de recherche de l'AIEA contient des informations techniques sur plus de 800 réacteurs de recherche implantés dans 71 pays.



Pour en savoir plus sur les **réacteurs de recherche**

■ RÉPARTITION MONDIALE DES GISEMENTS D'URANIUM ET DE THORIUM

La base de données sur la répartition mondiale des gisements d'uranium et de thorium (UDEPO) contient des informations sur les caractéristiques géologiques et techniques des gisements d'uranium et de thorium dans le monde, ainsi que sur leur répartition géographique. Elle fournit également des renseignements sur la minéralisation de l'uranium et est utilisée pour évaluer le potentiel des ressources à l'échelle régionale ainsi que les méthodes de modélisation et d'évaluation correspondantes. Elle compte parmi ses utilisateurs des chercheurs universitaires et industriels, des responsables politiques et des décideurs, ainsi que des particuliers.



Pour en savoir plus sur l'**UDEPO**



SÛRETÉ ET SÉCURITÉ NUCLÉAIRES

■ SYSTÈME DE GESTION DES INFORMATIONS SUR LA SÛRETÉ RADIOLOGIQUE

Le Système de gestion des informations sur la sûreté radiologique (RASIMS) permet aux pays de collecter, de visualiser et d'analyser des informations sur l'état de leur infrastructure nationale de sûreté radiologique et de sûreté des transports et des déchets. Il couvre tous les aspects, notamment l'infrastructure réglementaire, la radioprotection professionnelle, la radioprotection en cas d'exposition médicale, la radioprotection du public et de l'environnement, la formation théorique et pratique en matière de radioprotection et de sûreté, et la sûreté des transports.



Découvrez comment le **RASIMS** contribue à la sûreté du transport des matières radioactives



■ BASE DE DONNÉES DES BONNES PRATIQUES DE L'IPPAS

Le Service consultatif international sur la protection physique (IPPAS) aide les pays à renforcer leurs régimes, systèmes et mesures nationaux de sécurité nucléaire. Il se focalise sur la protection physique des matières nucléaires et autres matières radioactives ainsi que des installations et activités connexes. S'appuyant sur l'expérience de plus de 100 missions IPPAS menées au cours des 30 dernières années, la base de données des bonnes pratiques de l'IPPAS comprend actuellement plus de 530 bonnes pratiques concernant la sécurisation de ces matières, installations et activités.



Pour en savoir plus sur l'**IPPAS**

■ SYSTÈMES DE NOTIFICATION DES INCIDENTS CONCERNANT LES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

L'AIEA administre trois systèmes distincts de notification des incidents concernant les installations nucléaires afin de contribuer à améliorer la sûreté des centrales nucléaires, des installations du cycle du combustible et des réacteurs de recherche. Les systèmes de notification permettent de recueillir, d'analyser, de consigner et de diffuser les rapports des pays participants sur les événements liés à la sûreté dans les installations nucléaires. Ils permettent également aux contributeurs de partager les données concernant leurs expériences d'exploitation et les enseignements tirés avec la communauté nucléaire internationale, afin que les autres utilisateurs puissent se servir de ces informations pour améliorer la sûreté de leurs propres installations nucléaires.



Pour en savoir plus sur les **systèmes de notification des incidents** du point de vue de l'utilisateur

Comprendre les rejets radioactifs :

les scientifiques mettent à profit la base de données de l'AIEA pour améliorer le contrôle radiologique de l'environnement

Par Jonah Helwig

Les radionucléides sont des éléments chimiques instables qui émettent des rayonnements quand ils se désintègrent en éléments stables. Ils sont naturellement présents dans la vie quotidienne mais peuvent également être produits artificiellement.

La base **DIRATA** comprend des données sur les installations nucléaires de toutes les régions

Pour en savoir plus



Pendant le fonctionnement normal d'une centrale nucléaire, de très faibles quantités de radionucléides sont rejetées dans l'atmosphère et dans les eaux de surfaces telles que les rivières, les lacs et les mers. Une évaluation méthodique des rayonnements qui seront rejetés par une centrale est effectuée avant même le début de son exploitation. Le type et la quantité de radionucléides rejetés par une installation nucléaire dépendent du modèle

de son réacteur. Les exploitants sont tenus d'effectuer des évaluations de l'impact radiologique sur l'environnement afin de démontrer que les rejets entraîneront des doses inférieures à la limite de sûreté internationalement acceptée de 1 millisievert (mSv) par personne par an, conformément aux normes de sûreté de l'AIEA.

En réalité, l'exposition de la population aux rayonnements des rejets provenant de centrales nucléaires se situe bien en dessous de ce niveau. Une personne vivant à proximité d'une centrale nucléaire est exposée, en moyenne, à une dose effective de 0,0001 mSv environ, soit un niveau bien en deçà de la limite de sûreté acceptée. Ce rayonnement est équivalent à celui que

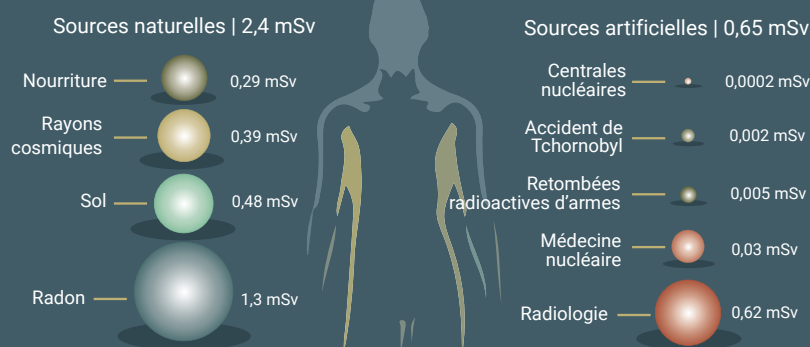
reçoit une personne qui mange une banane et est nettement inférieur au niveau d'exposition constaté lors d'un vol en avion de 10 heures. Néanmoins, les exploitants et les responsables de la réglementation assurent une surveillance à proximité des centrales nucléaires afin de démontrer que les rejets restent inférieurs à la limite de sûreté.

Une nouvelle étude menée par une équipe de chercheurs espagnols et parue dans Heliyon, revue consacrée aux sciences, à la médecine et à l'ingénierie, avait pour but de fournir aux organismes de surveillance et de réglementation des informations sur les meilleures pratiques relatives au contrôle de l'eau à proximité des centrales nucléaires, en mettant l'accent sur les radionucléides présents dans les eaux souterraines destinées à des usages autres que la consommation humaine, par exemple à l'irrigation.

Les chercheurs souhaitent recenser les radionucléides couramment rejetés par les centrales nucléaires et recommander des méthodes d'essais pratiques pouvant être utilisées par les laboratoires pour détecter ces radionucléides. En raison du volume nécessaire de données sur les rejets dans l'environnement, les chercheurs se sont appuyés sur la Base de données sur les rejets de radionucléides dans l'atmosphère et l'environnement aquatique (DIRATA) de l'AIEA, qui comprend des données provenant de centrales nucléaires de toutes les régions du monde.

« Nous avons choisi DIRATA, car ses données sont à jour et fiables », explique la chercheuse principale de l'étude, Susana Petisco-Ferrero, professeure adjointe en ingénierie énergétique à l'Université du Pays basque. « En outre, cette base contient des données provenant du monde entier, ce qui nous a permis de réaliser une étude plus représentative, qui intègre des données provenant d'Amérique du Nord et d'Amérique du Sud ainsi que de l'Union européenne. »

Exposition moyenne du public à des sources de rayonnements*



* Estimations arrondies de la dose efficace reçue par une personne sur un an (moyenne mondiale).

Une fois par an, 25 pays (soit 73 % des pays équipés de centrales nucléaires) communiquent volontairement leurs données relatives aux rejets, lesquelles sont accessibles sur le portail DIRATA. Celui-ci met à disposition des pays participants une plateforme leur permettant de rendre compte de manière transparente des très faibles quantités de radionucléides rejetées pendant le fonctionnement normal des installations et activités nucléaires. La base de données contient en outre des relevés historiques des rejets qui ont été collectés par le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), la Commission européenne et d'autres organismes nationaux et internationaux. Les données de DIRATA peuvent être exploitées par les organismes de réglementation, les

(Graphique : Programme des Nations Unies pour l'environnement)

exploitants nucléaires et les chercheurs pour suivre les tendances et améliorer les programmes de surveillance.

Grâce à la base de données DIRATA, les chercheurs espagnols ont pu dresser une liste exhaustive des radionucléides couramment rejetés par les centrales nucléaires, tels que l'hydrogène 3 et le calcium 41. Ils ont proposé des méthodes de surveillance de la présence de ces radionucléides dans l'eau accessibles et utilisables par des laboratoires standard, sans que du matériel spécialisé soit nécessaire. Parmi les suggestions des chercheurs figuraient la modification de la taille des échantillons d'eau et la sélection de techniques de spectrométrie permettant de mesurer la quantité de chaque radionucléide dans les échantillons. Les chercheurs ont également formulé des recommandations visant à améliorer les directives relatives à la surveillance des eaux souterraines autour des centrales nucléaires.

« Le travail des chercheurs espagnols illustre parfaitement la manière dont DIRATA facilite la recherche scientifique et peut contribuer à façonner les politiques visant à protéger les populations et l'environnement des effets nocifs des rayonnements ionisants », souligne Anna Clark, cheffe de la Section de la sûreté des déchets et de l'environnement de l'AIEA. « Cet outil précieux permet aux chercheurs du monde entier de contribuer à la construction d'un avenir plus sûr. »

Cap sur l'énergie propre :

les outils qui font progresser la recherche-développement sur la fusion

Par Mary Albon

La fusion est une solution prometteuse en matière d'énergie propre puisqu'il s'agit d'un processus intrinsèquement sûr qui n'émet pas de carbone et est capable de produire en continu une quantité illimitée de combustible. L'AIEA appuie la recherche-développement sur la fusion depuis le début de ses activités : dès 1961, elle organisait la première Conférence internationale sur l'énergie de fusion. Plus récemment, les avancées de la recherche sur la fusion en ont accéléré le développement aussi bien dans le secteur public que dans le secteur privé. Dans le prolongement des progrès accomplis, l'AIEA encourage la collaboration et la coordination à l'échelle internationale en vue de combler les lacunes restantes dans le domaine de la

physique et concernant les aspects technologiques et réglementaires de la fusion. Dans cette optique, des données sont collectées et partagées à l'appui de toutes les phases de la recherche sur la fusion, de l'étude des aspects scientifiques du processus de fusion à la conception et à l'exploitation de centrales à fusion.

« La technologie de la fusion pourrait transformer la production énergétique mondiale », déclare Aline des Cloizeaux, directrice de la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA. « L'énergie de fusion, associée au déploiement de technologies avancées en matière de fission nucléaire, permettra la transition vers une énergie propre et durable. »

Des données au service de la recherche-développement sur la fusion

La fusion est alimentée par des isotopes légers qui forment un plasma, gaz chargé à température élevée et aux propriétés uniques, distinctes de celles des solides, des liquides et des gaz. **CollisionDB**, une base de données de l'AIEA sur les processus atomiques et moléculaires, facilite l'amélioration des scénarios

opérationnels et du diagnostic des plasmas, ce qui permet une meilleure compréhension des processus de collision dans les plasmas.

D'autres bases de données de l'AIEA contribuent à l'exploitation et à l'optimisation de dispositifs expérimentaux et de futures centrales à fusion. La base de données **pwiDB (plasma wall interaction database)** contient des données sur les interactions entre le plasma et la surface de la paroi interne, tandis que les bases **CascadesDB** et **DeFecTDB** rassemblent des données sur les processus qui se produisent à l'intérieur de la paroi. La **Bibliothèque de données neutroniques sur l'énergie de fusion (FENDL)** contient des données sur les réactions nucléaires qui sont essentielles pour l'étude des plasmas et des matériaux dans le domaine de la neutronique, et donc pour l'évaluation de la sûreté et des déchets.

Sur la voie de la production nette d'énergie de fusion

Des scientifiques et ingénieurs du monde entier continuent à mettre au point et à tester de nouveaux matériaux et à concevoir de nouvelles technologies pour parvenir à une production nette d'énergie de fusion. Bien qu'il arrive régulièrement que des conditions très proches de celles qui sont nécessaires pour obtenir un système d'énergie de fusion soient atteintes lors d'expériences, des améliorations sont encore nécessaires pour maintenir la réaction et produire de l'énergie de façon durable. Les organismes publics et privés qui travaillent sur la fusion réalisent des progrès rapides en la matière.

Le **Système d'information sur les dispositifs de fusion (FusDIS)** de l'AIEA présente une vue d'ensemble des dispositifs de fusion publics et privés du monde entier qui sont en service, en construction ou à l'étude, ainsi que des données techniques et des statistiques à leur sujet. Ce système fournit des orientations utiles à l'élaboration de stratégies, à la prise de décision et à la collaboration entre les secteurs public et privé en matière d'énergie de fusion, et constitue un outil précieux permettant de dégager des tendances dans la recherche. FusDIS est accessible via le **Portail de la fusion de l'AIEA**, qui centralise des informations sur les activités de l'Agence dans le domaine de la fusion.

En outre, l'AIEA travaille actuellement à la mise au point de l'outil **FUSE**, sur la plateforme CONNECT de l'Agence, pour fournir un appui aux spécialistes de la technologie de la fusion lors de la conception, de la fabrication et de la construction de centrales à fusion. Cet outil comprendra une base de données sur les codes et les normes relatifs à la fusion, ainsi qu'une base de données sur les technologies et les cycles du combustible de la fusion qui contiendra des informations et des paramètres spécifiques pour chaque dispositif en cours de développement. FUSE vise à mieux faire connaître les dernières avancées dans le secteur en rapide évolution qu'est la fusion, telles que les technologies dérivées.

BASES DE DONNÉES DE L'AIEA

pour la recherche sur la fusion et le développement de cette technologie



Pour en savoir plus

■ **CollisionDB**



■ **CascadesDB**

■ **DeFecTDB**

■ **pwiDB**



■ **FENDL**



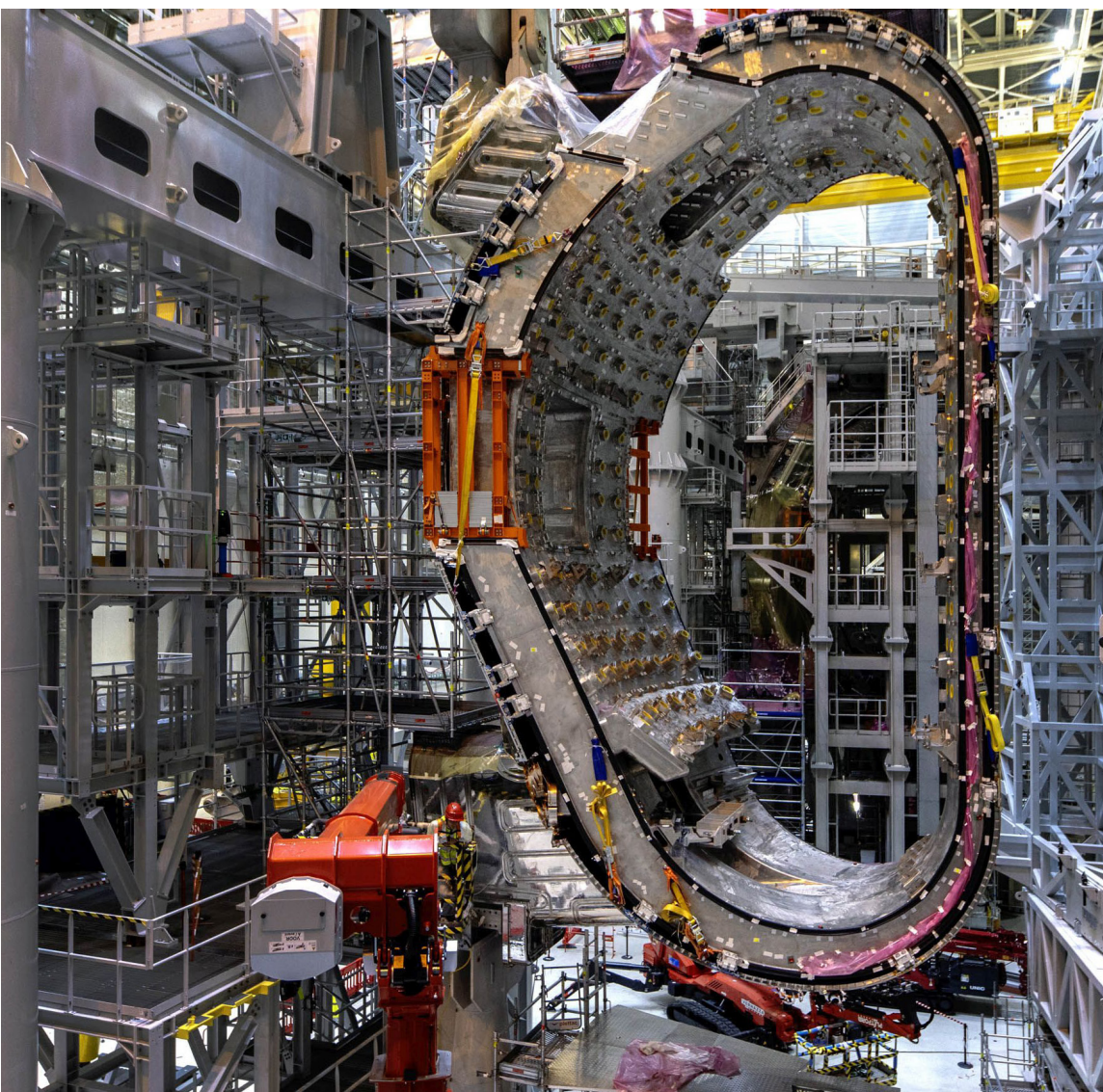
■ **FusDIS**



■ **IAEA Fusion Portal**



■ **AI for Fusion (AI4F)**



QU'EST-CE QUE L'ÉNERGIE DE FUSION ?

La fusion est le processus par lequel deux noyaux atomiques légers s'unissent pour former un noyau unique plus lourd, cela en libérant une énorme quantité d'énergie. Le soleil et toutes les autres étoiles tirent leur énergie d'un processus similaire. Sur Terre, il faut des températures de plus de 100 millions de degrés Celsius pour produire cette réaction, et il faut réguler la pression et les forces magnétiques pour la maintenir assez longtemps pour atteindre une production nette d'énergie.

(Photo : Organisation ITER)

Les travaux de construction du dispositif de fusion ITER se poursuivent en 2025. Le but de l'installation est de prouver que la fusion peut offrir une source d'énergie décarbonée à grande échelle.

Utiliser l'intelligence artificielle pour exploiter le potentiel de la fusion

« L'intelligence artificielle est un nouveau moyen de libérer tout le potentiel de la fusion. Elle pourrait considérablement faciliter la gestion de l'ensemble du processus d'ingénierie des dispositifs de fusion et l'analyse des données scientifiques et techniques que ces installations produiront en masse », explique Alain Bécoulet, directeur général adjoint et directeur scientifique de l'Organisation ITER. « Pour concrétiser ce potentiel, nous avons besoin de plateformes consacrées à la gestion des données sur la fusion qui fonctionnent dans le même esprit de coopération qui fait avancer la recherche sur la fusion depuis des décennies. C'est un impératif si l'on veut accélérer le déploiement de l'énergie de fusion. »

C'est précisément l'objectif d'un projet de recherche coordonnée de l'AIEA, intitulé **AI for Fusion (AI4F)**. AI4F vise à favoriser l'innovation et la collaboration afin de réaliser des avancées dans le domaine de la fusion en tirant profit de technologies fondées sur l'intelligence artificielle (IA), l'apprentissage automatique et

les mégadonnées. Vingt-quatre institutions réparties dans onze pays sur quatre continents y participent. « L'IA et l'apprentissage automatique peuvent accélérer les progrès de la recherche sur la fusion en vue de la création d'une centrale à fusion pilote inédite », affirme Cristina Rea, chercheuse principale et cheffe de groupe au Centre de la science des plasmas et de la fusion de l'Institut de technologie du Massachusetts. « L'AIEA joue un rôle de coordination dans cette mission », explique-t-elle.

« Parvenir à exploiter l'énergie de fusion serait la plus grande des prouesses sur les plans scientifique et technique », souligne Tzanka Kokalova-Wheldon, directrice de la Division des sciences physiques et chimiques de l'AIEA. « L'AIEA fournit des données indispensables, exploite des technologies de pointe et encourage les partenariats pour contribuer à l'essor de la source d'énergie propre par excellence. »

Les données au service du progrès :

gros plan sur le Système d'information sur les réacteurs de puissance de l'AIEA

Par Marta Gospodarczyk

Depuis 55 ans, le Système d'information sur les réacteurs de puissance (PRIS) de l'AIEA recueille, gère et diffuse des données et statistiques officielles sur les réacteurs de puissance, l'objectif étant de pouvoir offrir aux États Membres et aux acteurs du secteur nucléaire des informations transparentes, fiables et accessibles. Le fait que ces données soient collectées directement, de manière normalisée et continue auprès de sources

officielles dans 38 pays confère au PRIS une valeur inestimable pour les États qui exploitent des installations nucléaires ou qui procèdent à leur déclassement, ainsi que pour les pays primo-accédants et les organisations internationales et non gouvernementales.

Les données du PRIS sont utilisées pour faciliter diverses opérations critiques ainsi que pour la réalisation d'examen périodiques indispensables à une exploitation sûre, sécurisée et fiable. L'exploitant finlandais Teollisuuden Voima Oyj (TVO) s'appuie ainsi sur les informations consignées dans le PRIS pour déterminer l'évolution de la puissance de

ses réacteurs dans le temps et évaluer les données d'expérience propres à leur exploitation ; il établit ensuite des rapports sur la base des résultats ainsi obtenus afin d'optimiser leur efficacité.

Les profils électronucléaires nationaux (CNPP), créés en 2010 et entièrement révisés en 2023, complètent le PRIS en ce qu'ils donnent une vue d'ensemble des infrastructures électronucléaires d'un pays, de ses politiques en la matière et des stratégies de développement envisagées à plus long terme.

Le système d'indicateurs de performance du module statistique du PRIS permet d'évaluer l'efficacité, la sûreté et la fiabilité des réacteurs nucléaires. Il offre de puissants outils d'analyse tendancielle et de référencement, et fournit des informations statistiques qui aident les États Membres à optimiser les performances de leurs réacteurs. Les rapports sur les arrêts non planifiés, par exemple, contribuent à en identifier les causes profondes telles que des défaillances du matériel, ce qui permet aux exploitants de tirer mutuellement parti de leurs données d'expérience. L'Association mondiale des exploitants nucléaires (WANO) utilise le PRIS pour évaluer des indicateurs de performance et procéder à des comparaisons de routine avec les informations communiquées par ses membres, ce qui améliore la qualité des données – aussi bien celles que contient le PRIS que celles que renferment les systèmes d'indicateurs de performance de la WANO.

Le PRIS
est un outil inestimable
pour les pays qui
exploitent ou déclassent
des centrales nucléaires,
pour les pays primo-
accédants et pour les
organisations
internationales et non
gouvernementales.



Pour en savoir plus

Favoriser l'exploitation électronucléaire, son développement et les programmes de transition

« À l'heure où les pays se tournent de plus en plus vers l'électronucléaire pour faire face aux problèmes dus aux changements climatiques et à la sécurité énergétique, les bases de données du PRIS et des CNPP sont d'une importance capitale pour nos États Membres, car elles peuvent les guider dans la planification et le suivi de leurs programmes électronucléaires », déclare Shin Whan Kim, chef de la Section du génie électronucléaire de l'AIEA. « Elles leur permettent d'avoir accès aux précieux enseignements tirés de programmes déployés antérieurement, d'anciens projets de construction et de précédentes expériences d'exploitation. » Les experts de la société Paks II. Ltd. en charge des travaux préparatoires pour les nouvelles tranches de centrales nucléaires en Hongrie ne se bornent pas à faire état de l'avancement de leurs propres projets de construction ; ils ont également recours aux données du PRIS qui concernent les réacteurs en construction dans le monde entier. En analysant les informations relatives à l'avancement des chantiers en cours et les enseignements provenant d'autres projets, ils améliorent la planification, prennent connaissance des possibles écueils et instaurent des pratiques optimales, ce qui, au final, rend plus efficaces et moins aléatoires la construction et la mise en service des nouvelles tranches.

« La base de données du PRIS constitue un outil indispensable que nous utilisons à des fins d'évaluation comparative et d'analyse des performances », indique Attila Hugyecz, chef de la direction internationale de Paks II. Ltd. « Elle concourt de manière déterminante à notre engagement en faveur de l'excellence opérationnelle et de l'amélioration continue. »

Pour les pays qui possèdent déjà des programmes nucléaires, le PRIS tient une place essentielle dans l'optimisation de l'exploitation de leurs centrales. Grâce à ses indicateurs de performance et à ses données comparatives, il permet aux exploitants de voir comment gagner en efficacité, réduire le nombre d'arrêts non planifiés et prévoir de futures mises à niveau technologiques. En Chine, par exemple, l'Institut de recherche sur l'exploitation de l'énergie électronucléaire passe par le PRIS pour obtenir des informations sur les indicateurs mondiaux de performance, les tendances en termes de fiabilité et les données de référence opérationnelles, qui l'aident à élaborer et peaufiner son propre système d'indicateurs de performance.

Comme l'explique Hongxu Lu, l'un de ses ingénieurs, « l'Institut a mis sur pied une plateforme d'outils d'analyse des performances des centrales nucléaires qui s'appuie sur la base de données du PRIS afin de pouvoir visualiser les données des réacteurs et en améliorer les performances ». « Nous avons également eu recours au PRIS pour étayer les efforts que nous avons engagés en vue de mieux gérer la qualité de nos données et de veiller à la cohérence des outils d'analyse des performances que propose la plateforme. » À mesure que les réacteurs vieillissent, le PRIS facilite les choix à poser

entre leur planification pour une exploitation à long terme ou leur affectation au déclassement. Actuellement, 168 réacteurs fournissant 35 % de la capacité électronucléaire opérationnelle (136,4 gigawatts électriques) sont en service depuis plus de 40 ans. Le PRIS contient des données sur les motifs de mises à l'arrêt, les stratégies de déclassement, la gestion du combustible et les grandes étapes des projets, ce qui permet aux pays d'élaborer des plans de transition entre l'exploitation et le déclassement en connaissance de cause.

De nombreuses organisations non gouvernementales et organisations internationales se servent des données du PRIS pour suivre les performances des réacteurs, l'état d'avancement des travaux de construction et des opérations de déclassement de réacteurs, ainsi que la capacité électronucléaire opérationnelle mondiale et les tendances en la matière. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a ainsi fait mention de données du PRIS dans un rapport de 2022 consacré à l'atténuation des effets des changements climatiques pour étayer ses conclusions faisant état d'une hausse de la production nucléaire ces dernières années, l'électronucléaire étant considéré comme une technologie éprouvée susceptible de contribuer à la réduction des émissions. L'Association nucléaire mondiale utilise la base de données du PRIS pour alimenter sa bibliothèque d'informations et ses tableaux de bord sur les réacteurs, et l'intègre dans ses publications portant sur la performance des réacteurs, la chaîne d'approvisionnement nucléaire et le combustible nucléaire.

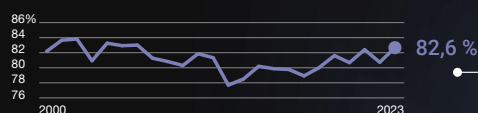
L'avenir du Système d'information sur les réacteurs de puissance

L'AIEA continue d'améliorer le PRIS, grâce notamment aux outils les plus modernes en matière d'exploration et de visualisation des données, ce qui permettra à celles et ceux qui le consultent d'effectuer des analyses plus approfondies. En tirant profit des technologies d'analyse à la pointe du progrès, le PRIS peut aider les pays à prendre des décisions éclairées concernant le développement de l'électronucléaire, la sûreté d'exploitation et l'efficacité opérationnelle, l'exploitation à long terme et les stratégies de déclassement.

L'évolution constante et l'enrichissement continu des capacités de collecte de données du PRIS permettent aux États Membres d'avoir accès aux informations essentielles dont ils ont besoin pour garantir une exploitation sûre et efficace des centrales nucléaires et contribuent à l'essor des programmes électronucléaires.

PERFORMANCES MONDIALES DE L'ÉLECTRONUCLÉAIRE 2023

FACTEUR DE DISPONIBILITÉ DE L'ÉNERGIE



FACTEUR D'INDISPONIBILITÉ PROGRAMMÉE



FACTEUR D'INDISPONIBILITÉ NON PROGRAMMÉE



FACTEUR D'INDISPONIBILITÉ EXTERNE



Source : AIEA



Planifier la transition vers une énergie propre : la modélisation trace le chemin de l'Estonie vers un avenir durable

Par Matt Fisher

Selon une étude menée par des chercheurs de l'Université de Tartu, l'Estonie est en mesure d'atteindre ses objectifs de réduction des émissions de carbone grâce à un bouquet énergétique diversifié dans lequel l'énergie d'origine nucléaire tient une place essentielle. Cette analyse, effectuée à l'aide d'un outil de modélisation énergétique de l'AIEA, permet de comprendre à quoi pourrait ressembler le futur système énergétique propre de l'État balte ainsi que le coût des différentes trajectoires pour y arriver. Dans le cadre de l'initiative Atoms4NetZero, l'AIEA a appuyé le projet en renforçant les capacités et en fournissant des orientations techniques, sachant que l'Estonie cherche à sortir de sa dépendance au pétrole de schiste d'ici 2050.

Fin 2023, le groupe de travail sur l'énergie nucléaire de l'Estonie a présenté un rapport indiquant comment, avec une planification, une approbation du public et des financements suffisants, l'électronucléaire pourrait permettre d'atteindre les objectifs d'atténuation des changements climatiques, de sécurité énergétique et de croissance économique de l'Estonie. En

juin 2024, après avoir étudié le rapport, le parlement estonien a approuvé les préparatifs visant à adopter l'électronucléaire et décidé de prendre des mesures pour établir un cadre juridique régissant son utilisation.

L'initiative Atoms4NetZero aide les pays à utiliser une importante palette d'outils d'analyse qui leur permet d'envisager tout ce que l'électronucléaire peut leur apporter dans divers scénarios de planification énergétique. Jusqu'à récemment, les études publiées portant sur la modélisation énergétique ne s'étaient pas véritablement penchées sur le rôle de l'électronucléaire dans la réalisation des objectifs

d'atténuation des changements climatiques. Toutefois, maintenant que l'électronucléaire est désormais largement reconnu comme faisant partie de la solution qui permettra d'atteindre les objectifs de décarbonation, les pays intéressés souhaitent mieux comprendre comment cette technologie peut contribuer à décarboner leurs systèmes énergétiques.

L'outil utilisé dans cette étude, le Modèle pour l'étude de stratégies d'approvisionnement énergétique de substitution et de leur impact général sur l'environnement (MESSAGE), est conçu pour la planification à moyen et long terme des systèmes énergétiques. Il peut modéliser l'ensemble des diverses technologies de production thermique ainsi que les technologies d'énergies renouvelables et de capture et de stockage du carbone, entre autres choses. Grâce à un algorithme, MESSAGE indique comment un objectif donné peut être atteint à un coût minimal. L'étude des chercheurs estoniens a intégré les coûts liés à l'investissement, à l'exploitation, au combustible, aux importations d'énergie et aux contraintes en matière de carbone, afin de donner une vue d'ensemble du système énergétique.

« Cette étude indique que si le secteur nucléaire démontre qu'il est possible de maintenir les coûts d'investissement et les calendriers des travaux de construction dans les limites prévues, l'électronucléaire est une option compétitive pour l'Estonie », indique Mario Tot, analyste des systèmes énergétiques de l'AIEA. « À supposer que l'Estonie s'engage sur le chemin de la décarbonation et prenne en compte la portée de notre analyse, cette étude illustre comment, sur le long terme, le nucléaire peut offrir des résultats comparables aux énergies renouvelables. »

En s'appuyant sur des données en accès libre et des données provenant de publications du Gouvernement estonien, l'étude s'est essentiellement intéressée à deux scénarios d'alimentation électrique : d'une part, un scénario « de référence » fondé uniquement sur une expansion des sources d'énergie renouvelable actuellement utilisées en Estonie, notamment l'éolien et la biomasse ; d'autre part, un scénario « nucléaire », comprenant le déploiement de deux petits réacteurs modulaires (SMR) et d'autres technologies d'énergies propres telles que les énergies renouvelables. L'étude révèle que les deux scénarios permettraient à l'Estonie d'atteindre ses objectifs de décarbonation et de devenir un exportateur net d'électricité

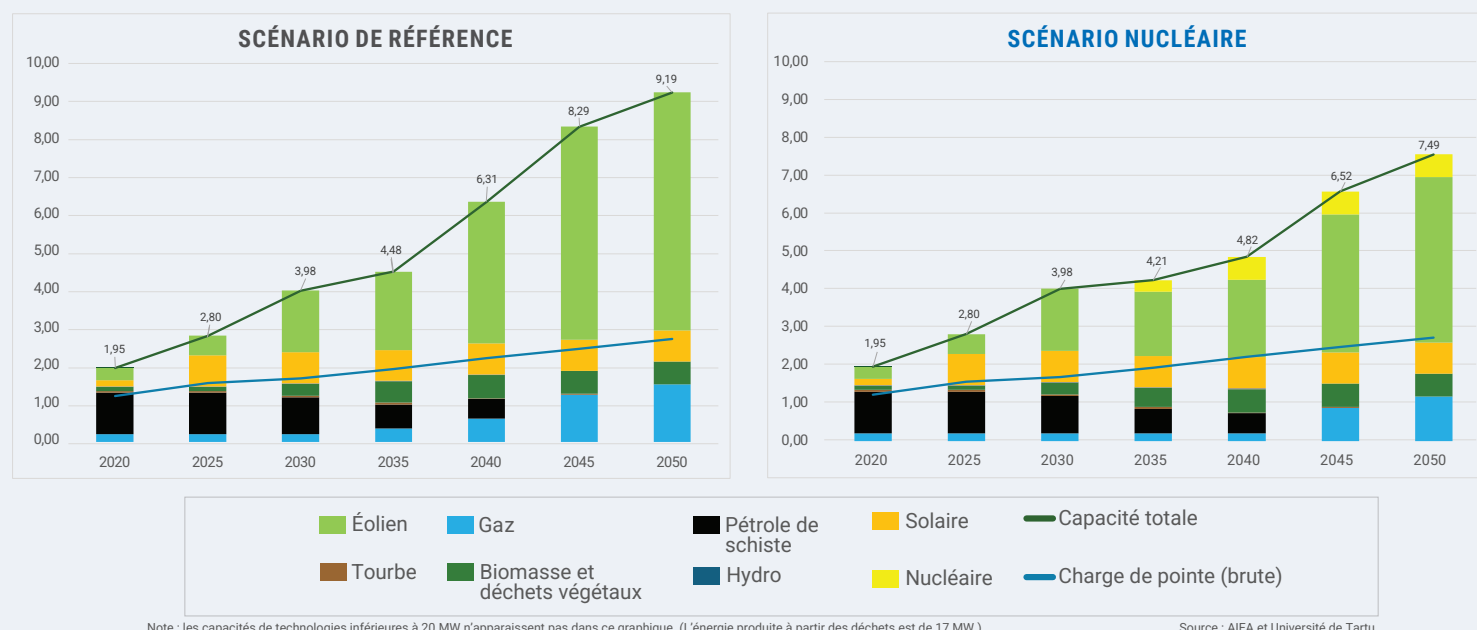
IAEA
**ATOMS 4
NET ZERO**

aide les pays à prendre des
décisions scientifiquement
fondées pour exploiter
tout le potentiel de
l'énergie nucléaire.



Pour en savoir plus

Capacités installées, par source d'énergie, en GW



après 2040. En raison de son rapport coût-efficacité, la capacité éolienne a été reconnue dans les deux scénarios comme la composante la plus importante du futur bouquet d'énergies propres de l'Estonie.

« Le soutien et la souplesse des experts de l'AIEA ont été pour nous une aide précieuse pour atteindre les objectifs de l'étude dans des délais réalistes. Nous avons apprécié de pouvoir interagir régulièrement avec des experts de l'AIEA, ce qui nous a permis d'accroître rapidement notre capacité de modélisation et de profiter d'un savoir-faire de référence dans le secteur », déclare Alan Tkaczyk, professeur associé à l'Université de Tartu, qui a dirigé l'équipe estonienne de modélisation. « Nous avons transmis les résultats de notre modélisation aux collègues des ministères estoniens concernés, qui étaient impatients d'examiner nos conclusions en cette période cruciale de débat public sur l'arrivée de l'électronucléaire en Estonie. »

L'analyse a montré que le scénario nucléaire, avec un coût d'investissement estimé à 6 000 euros par kilowatt pour les SMR, serait à peine 1,3 % plus cher que le scénario de référence. Toutefois, la prise en compte du coût total de la modernisation du réseau électrique et des capacités de stockage de l'Estonie, nécessaire à une expansion significative de l'énergie

éolienne, permettrait d'affiner l'analyse et de mieux appuyer la compétitivité économique de l'électronucléaire. Un système énergétique fondé sur l'électronucléaire, capable de fournir au réseau une charge de base 24 h/24 et 7 j/7 dans toutes les conditions météorologiques, serait plus résilient et plus sûr qu'un système construit à partir du scénario de référence, qui comprend des parts importantes d'énergie éolienne. Il faudra mener des études complémentaires pour évaluer de façon exhaustive les dépenses liées au réseau et les autres coûts associés aux autres stratégies possibles.

« Notre rôle est d'aider les chercheurs à utiliser des outils leur permettant d'élaborer des plans énergétiques cohérents avec leurs objectifs en matière d'énergie propre. Pour les pays qui s'intéressent à l'électronucléaire, il est crucial que cet aspect soit pris en compte dans les études, indique Mario Tot. La construction de l'infrastructure nécessaire pour l'énergie propre de demain exige une planification rigoureuse dès aujourd'hui. »



Tallinn (Estonie)
(Photo : AdobeStock)

Des données à l'appui de la sécurité nucléaire :

la Base de données sur les incidents et les cas de trafic de l'AIEA

Par Vasiliki Tafili

Les 24 équipes qui se sont affrontées dans les stades de dix villes allemandes et les millions de spectateurs qui y ont assisté depuis les gradins ont fait du Championnat d'Europe de football de l'UEFA de l'été 2024 une expérience inoubliable. Cependant, cet événement a également posé un défi majeur en matière de sécurité. Plusieurs mois avant que les footballeurs allemands n'entament leur compétition sur le terrain, une autre équipe allemande, celle-ci composée de spécialistes issus des services de sécurité du pays, s'était mise au travail pour se préparer aux menaces potentielles qui pourraient compromettre la sécurité de ce grand événement sportif. Puis, pendant un mois entier, l'Euro 2024 a mis à l'épreuve les plans et la préparation des services de sécurité allemands.

Le déploiement de capacités de détection des rayonnements était un élément essentiel du plan de sécurité de l'Allemagne pour l'Euro 2024 de l'UEFA. Comme l'Allemagne avait déjà bénéficié de l'appui de l'AIEA pour mettre en œuvre des mesures de sécurité nucléaire lorsqu'elle avait accueilli la Coupe du Monde de la FIFA en 2006, elle a de nouveau demandé l'aide de l'AIEA dans le cadre de l'Euro 2024 de l'UEFA.

Pour aider l'Allemagne à évaluer la menace, l'AIEA a compilé des informations tirées d'une base de données hautement

confidentielle, la Base de données sur les incidents et les cas de trafic (ITDB), sur des incidents signalés concernant des cas de trafic et d'autres activités non autorisées mettant en jeu des matières nucléaires et d'autres matières radioactives ; en outre, elle a fourni un rapport d'analyse sur les menaces, les tendances et les modes opératoires en matière de sécurité nucléaire adapté à l'Allemagne et aux pays voisins.

Pour se préparer à accueillir le Championnat d'Europe de football de l'UEFA de 2024, l'Allemagne s'est appuyée sur une analyse de l'évaluation de la menace établie par l'AIEA à partir de données tirées de la Base de données sur les incidents et les cas de trafic.

Selon Helge Kröger, chef de la Section de la sûreté et de la sécurité des sources de rayonnements de l'Office fédéral allemand de radioprotection et point de contact national pour l'ITDB, le rapport contenait des informations précieuses sur les capacités de détection nécessaires pour protéger les stades de football et a donc permis de garantir l'efficacité du plan de sécurité nucléaire mis en œuvre par l'Allemagne pendant le championnat. « Le rapport a été communiqué à la police ainsi qu'à toutes les autorités régionales compétentes en matière de radioprotection pour qu'elles en tiennent compte lors de leurs préparatifs en vue de l'Euro 2024 », explique-t-il.

« L'évaluation de la menace contre la sécurité nucléaire est un élément fondamental des plans de sécurité pour les événements de grande envergure tels que l'Euro 2024 », souligne Elena Buglova, directrice de la Division de la sécurité nucléaire de l'AIEA. « L'assistance fournie à l'Allemagne montre que l'ITDB peut aider les pays à comprendre les risques posés par les matières nucléaires et autres matières radioactives non soumises à un contrôle réglementaire. »

L'ITDB, qui est gérée par l'AIEA, permet d'analyser les incidents signalés afin de dégager des tendances en matière de sécurité nucléaire. Depuis sa création en 1995, cette base de données est devenue un mécanisme important pour les pays qui y participent, dont le nombre est à présent de 145, et pour les organisations internationales compétentes telles que l'Organisation internationale de police criminelle (INTERPOL).

Entre 1993 et 2024, 125 pays ont signalé 4 390 incidents via l'ITDB. Environ 8 % des incidents signalés ont été confirmés comme étant liés à du trafic illicite ou à une utilisation malveillante de matières nucléaires ou autres matières radioactives.

Environ 59 % des incidents signalés concernaient des sources radioactives utilisées dans le cadre d'applications médicales et industrielles, tandis que 14 % concernaient des matières nucléaires telles que l'uranium et le plutonium. Les 27 % restants concernaient des articles contaminés et des matières non radioactives utilisées dans des escroqueries ou d'autres activités frauduleuses. Bien que le nombre de tentatives d'escroquerie mettant en jeu des matières non nucléaires faussement présentées

BASE DE DONNÉES SUR LES INCIDENTS ET LES CAS DE TRAFIC

comme nucléaires ou radioactives reste peu élevé, ces tentatives sont devenues plus fréquentes.

Le nombre total de signalements d'incidents mettant en jeu des matières nucléaires a diminué au fil des ans. Dans le même temps, les signalements de sources radioactives découvertes dans le secteur des déchets métalliques ont augmenté, ce qui met en évidence la nécessité de renforcer le contrôle réglementaire auquel sont soumis l'utilisation, l'entreposage, le transport et le stockage définitif de telles sources. Les vulnérabilités du transport représentent un problème particulièrement persistant, puisque plus de la moitié des vols signalés ont eu lieu lors d'un transport autorisé.

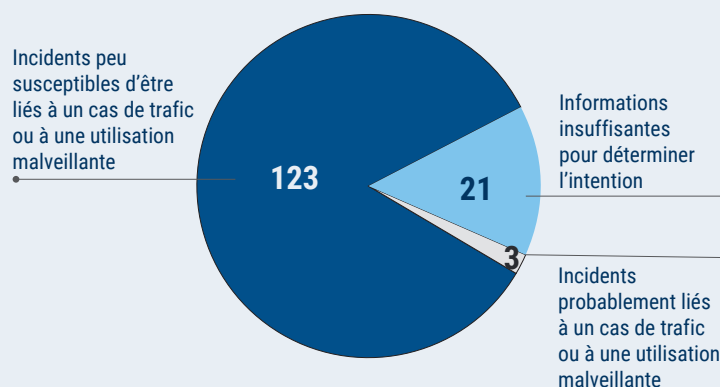
« Alors que la Base de données sur les incidents et les cas de trafic entame sa quatrième décennie, sa contribution à la sécurité nucléaire mondiale est largement reconnue, estime M^{me} Buglova. L'ITDB est un outil pratique, qui alerte les pays participants et les aide à prendre des décisions éclairées, en particulier avant de grandes manifestations publiques. Le fonctionnement de l'ITDB repose sur la coopération internationale et la mise en commun des informations, et nous encourageons de nouveaux pays à participer à cette base. »

En 2024

147

cas d'activités illégales ou non autorisées

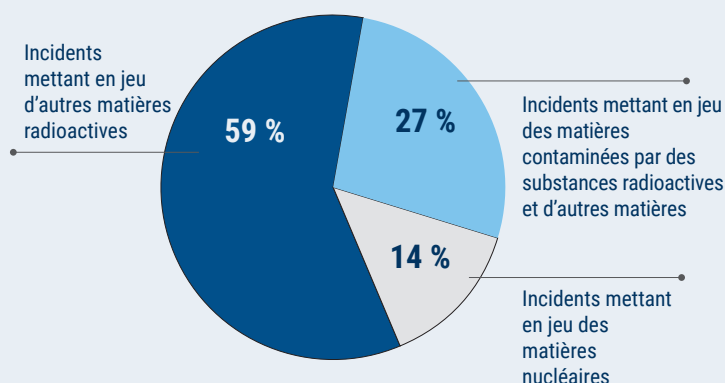
mettant en jeu des matières radioactives non soumises à un contrôle réglementaire ont été signalés par 32 pays, ce qui correspond aux moyennes habituelles.



Depuis 1993

4 390

incidents ont été signalés



Pour en savoir plus sur la
Base de données sur les incidents et les cas de trafic



Une journée dans la vie d'une analyste du commerce nucléaire de l'AIEA

Par Haley Mead

Voici comment se déroule habituellement la journée de travail d'une analyste du commerce nucléaire de l'AIEA :

MATIN

Bien que les jours se suivent et ne se ressemblent pas, Malin Ardhammar, analyste principale des garanties à l'AIEA, spécialiste du commerce nucléaire, débute souvent sa journée en se posant une question fondamentale : un pays a-t-il fait le commerce de biens pertinents pour les garanties ? Café en main, elle s'installe à son bureau et entreprend de répondre à cette question en recueillant des informations auprès de diverses sources relatives au secteur nucléaire et au commerce lié au nucléaire. Parmi ces sources figurent les informations déclarées par un État (en application de son accord de garanties et, le cas échéant, du protocole additionnel y afférent) ainsi que celles qui découlent des activités de coopération technique de l'AIEA ou proviennent de sites web spécialisés et de bases de données commerciales.

« Nous analysons le commerce international pour déterminer si les activités nucléaires déclarées par les États et les transferts de matières nucléaires et de produits de base pertinents correspondent aux échanges commerciaux qui ont été enregistrés publiquement, explique Malin. Notre objectif est de repérer les valeurs aberrantes importantes pour pouvoir poser les questions

qui s'imposent, obtenir des éclaircissements et permettre de tirer des conclusions relatives aux garanties qui soient solides. »

Les données commerciales, comme celles provenant du bureau de la statistique d'un pays ou de bases de données commerciales internationales (base de données Comtrade de l'ONU, par exemple), peuvent laisser entrevoir des indicateurs éventuels d'activités ou de transferts liés au nucléaire non déclarés. Certains articles liés au nucléaire font l'objet d'un contrôle régulier, comme diverses formes d'uranium ou les pièces de réacteurs nucléaires. D'autres articles sont examinés au cas par cas, comme les produits potentiellement pertinents pour les garanties (spectromètres de masse, lasers, transducteurs de pression ou fibre de carbone, par exemple).

Après avoir recueilli auprès de chaque source les informations dont elle a besoin, Malin peut procéder à une analyse comparative pour vérifier la cohérence de l'ensemble des informations disponibles.

Après le déjeuner, Malin examine toutes les informations disponibles en vue de relever d'éventuelles valeurs aberrantes

INFORMATIONS PERTINENTES POUR LES GARANTIES DANS LE DOMAINE DU COMMERCE NUCLÉAIRE

L'AIEA a pour mandat de vérifier l'utilisation pacifique des matières et de la technologie nucléaires dans les 191 États qui ont conclu un accord de garanties avec elle. Pour tirer des conclusions relatives aux garanties qui soient solidement étayées, l'Agence emploie une méthode de vérification nucléaire qui repose sur plusieurs axes, alliant des activités sur le terrain à l'analyse des informations pertinentes pour les garanties qui lui sont fournies par les pays ou sont recueillies auprès d'autres sources.

L'analyse du commerce nucléaire est l'un des moyens utilisés par l'AIEA pour confirmer le caractère exact et

exhaustif des rapports présentés par les États concernant les matières nucléaires. Pour ce faire, l'AIEA fait appel à une équipe d'analystes des garanties chargée d'évaluer les informations qu'elle a reçues, produites ou recueillies.

Les analystes du commerce nucléaire travaillent en étroite collaboration avec les inspecteurs des garanties et d'autres analystes des garanties. Ils collectent également des informations auprès d'autres départements de l'AIEA, comme le Département de la coopération technique, concernant les activités plus générales menées par l'Agence avec les États.



(Photos : A. Barber Huescar/AIEA)

APRÈS-MIDI

qui pourraient nécessiter une enquête plus approfondie. Elle vérifie généralement la cohérence des éléments ci-après dans les informations déclarées et les informations liées au commerce :

- quantités et types de matières et d'équipements nucléaires transférés ;
- dates et lieux des transactions ;
- noms et adresses des fournisseurs et des destinataires ; et
- descriptions des activités et des installations nucléaires.

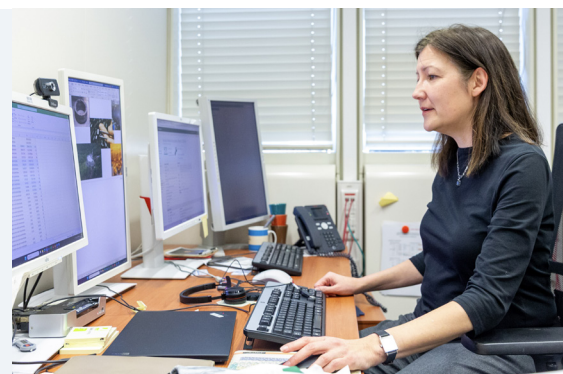
« Les analystes du commerce nucléaire ont un rôle particulier à jouer, car ils passent en revue d'autres sources d'information sur les matières et les activités nucléaires, explique Malin. Notre travail consiste à relever les transactions commerciales qui méritent d'être examinées plus en détail. »

Lorsque l'analyse met en lumière des indicateurs de transferts non déclarés, l'AIEA assure le suivi avec l'État concerné, selon

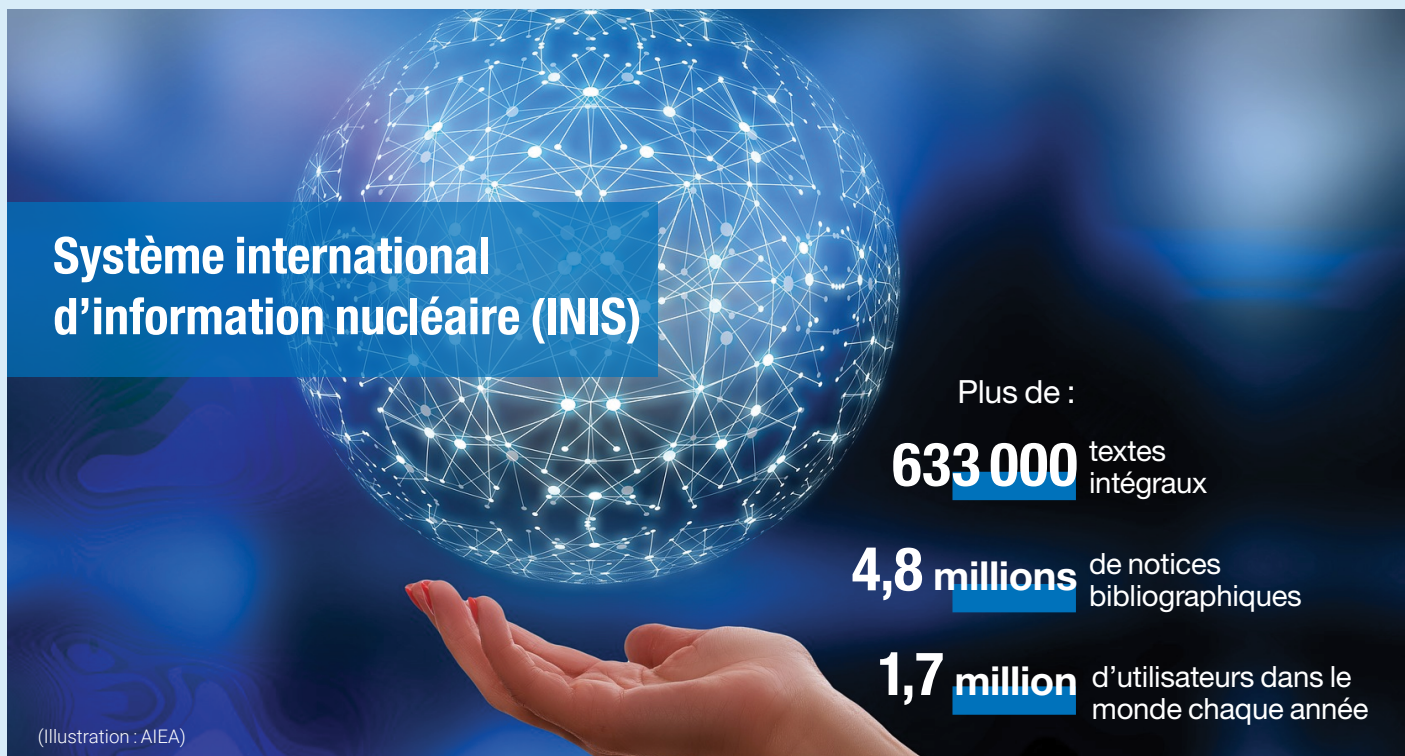
qu'il convient. Dans le cadre de l'accord de garanties, il pourrait s'agir de soumettre des demandes de renseignements à l'État ou de mener des activités sur le terrain, telles qu'une inspection ou une vérification des renseignements descriptifs, afin de résoudre le problème.

« Même si le rôle des analystes du commerce nucléaire consiste à démontrer l'absence de quelque chose, les résultats obtenus permettent de renforcer les conclusions relatives aux garanties, explique Malin. En m'acquittant de cette tâche, je rentre chez moi chaque jour avec le sentiment d'avoir aidé l'AIEA à donner à la communauté internationale les assurances que les matières et la technologie nucléaires soumises aux garanties restent utilisées à des fins pacifiques. »

Malin
Ardhammar,
analyste du
commerce
nucléaire à
l'AIEA.



Un répertoire majeur d'informations nucléaires adopte une nouvelle plateforme numérique dotée de fonctions de recherche avancées



Le Système international d'information nucléaire (INIS) de l'AIEA – une bibliothèque numérique de plusieurs millions de documents – offre désormais une plateforme de recherche plus moderne.

Créé en 1970, le répertoire INIS héberge une gigantesque bibliothèque comptant près de cinq millions de rapports, livres, articles scientifiques, documents de conférence et autres supports de connaissance sur divers thèmes (science nucléaire, technologie des réacteurs, science des matériaux, applications médicales, déclinement et tout autre domaine dans lequel l'AIEA intervient).

En utilisant Invenio, une plateforme libre développée par l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), et en l'adaptant à ses propres besoins, l'Agence a progressé en matière d'automatisation et d'accessibilité et a augmenté considérablement sa capacité de traitement des nouvelles entrées de supports de connaissance dans l'INIS. Les nouvelles fonctionnalités dont dispose la plateforme permettent à l'INIS de se connecter à d'autres répertoires, ce qui facilite le partage de contenus et accroît

l'utilité des bases de données représentées. L'INIS sera le premier grand répertoire à se servir d'Invenio pour effectuer des recherches plein texte, à la fois dans les métadonnées et dans le texte d'un PDF.

« Dans l'économie actuelle fondée sur les connaissances, l'information est considérée comme l'une des ressources les plus précieuses. Elle revêt une importance capitale pour la recherche, l'innovation, la prise de décisions, l'efficacité et la productivité, le partage des connaissances et la formation continue », explique Dibuleng Mohlakwana, cheffe de la Section de l'information nucléaire de l'AIEA. « Avec cette nouvelle plateforme, l'INIS, qui joue déjà un rôle clé dans l'accès à la science, gagnera encore en importance et renforcera ses capacités en tant que portail d'information, ce qui facilitera l'application de la science nucléaire à des fins pacifiques. »

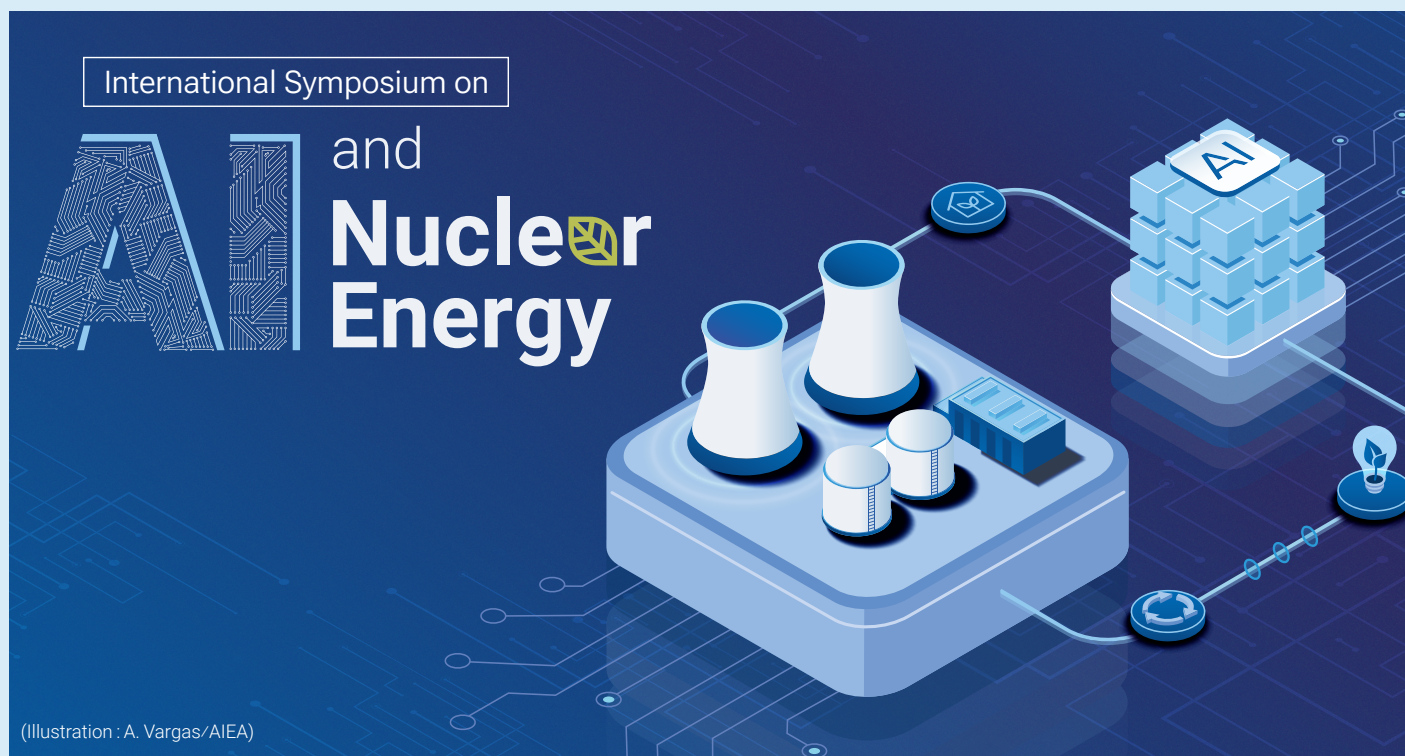
Depuis la création de l'INIS, le paysage de l'édition scientifique a beaucoup évolué, l'idée étant de garantir de plus en plus le libre accès. Les éditeurs fournissent davantage d'informations et les mettent à disposition gratuitement, tandis que des

répertoires tels que arXiv, le Directory of Open Access Journals ou PubMed, ont rendu les connaissances scientifiques plus accessibles que jamais.

« L'un des grands avantages de cette plateforme est que tout ce que nous développons ici peut être mis en commun avec toutes les autres organisations. Ainsi, non seulement nous communiquons des informations scientifiques au monde entier, mais nous partageons également ce que nous développons avec Invenio », explique Astrit Ademaj, analyste de l'appui aux systèmes nucléaires et chef de projet pour la mise en œuvre d'Invenio.

— Par Matt Fisher

L'AIEA accueillera en décembre le Colloque international sur l'intelligence artificielle et l'énergie



L'AIEA accueillera le tout premier **Colloque international sur l'intelligence artificielle et l'énergie nucléaire**, à Vienne, les 3 et 4 décembre 2025.

L'événement sera l'occasion de voir comment l'énergie nucléaire peut aider à couvrir les besoins d'électricité croissants des centres de données alimentant l'intelligence artificielle (IA) et de découvrir les innombrables solutions que l'IA peut offrir à l'industrie de l'énergie nucléaire. Alors que l'IA connaît une ascension fulgurante et que le nucléaire pourrait offrir une énergie propre et durable, l'événement permettra de mettre en lumière les liens qui se font jour entre ces deux industries.

« D'un côté, l'IA occupe une place toujours plus large dans la société et, d'un autre côté, le développement de l'électronucléaire apparaît comme indispensable si l'on veut pouvoir disposer d'une énergie fiable et propre en abondance. Ensemble, ces deux industries ont donc un potentiel de maximisation de leurs contributions mutuelles incroyable », explique Rafael Mariano Grossi, Directeur général de l'AIEA. « Les réacteurs nucléaires peuvent fournir l'électricité fiable et propre dont ont besoin l'IA et d'autres applications s'appuyant sur des mégadonnées pour durer dans le temps. De son côté, l'IA

peut aider à optimiser les performances des réacteurs, à mettre au point des combustibles avancés et à progresser dans d'autres domaines critiques pour permettre à l'électronucléaire d'atteindre son plein potentiel. »

Le Colloque réunira des parties prenantes du monde entier, y compris des représentants de haut niveau des secteurs du nucléaire et de l'IA, ainsi que des responsables de la réglementation nucléaire. Pendant deux jours, les participants assisteront à des tables rondes, à des expositions et à des manifestations parallèles en se plongeant dans les deux thèmes suivants : « Alimenter les centres de données avec l'énergie nucléaire » et « Perspectives et défis pour l'IA dans le secteur nucléaire ».

Dans de nombreux secteurs, le rôle de l'IA est en pleine expansion, ce qui se traduit par une augmentation spectaculaire de la demande d'énergie. D'après l'Agence internationale de l'énergie, les centres de données ont consommé environ 460 térawattheures (TWh) d'électricité en 2022. D'ici 2026, ce chiffre pourrait dépasser les 1 000 TWh. Pour répondre à cette demande, plusieurs

grandes entreprises du secteur des technologies – parmi lesquelles Amazon, Google et Microsoft – se tournent vers l'électronucléaire et concluent par exemple des accords d'achat d'énergie ou investissent dans le développement et le déploiement de petits réacteurs modulaires (SMR).

L'industrie électronucléaire utilise déjà des outils d'IA pour améliorer la conception, optimiser la construction et renforcer l'efficacité opérationnelle. Sur ces sujets comme sur d'autres, l'IA aurait beaucoup à offrir si elle était encore mieux intégrée. Pour autant, une attention toute particulière doit être portée aux exigences strictes de sûreté et de sécurité du secteur électronucléaire.

Les participants au Colloque devront généralement être désignés par un État Membre de l'AIEA ou être membres d'organisations invitées à participer.

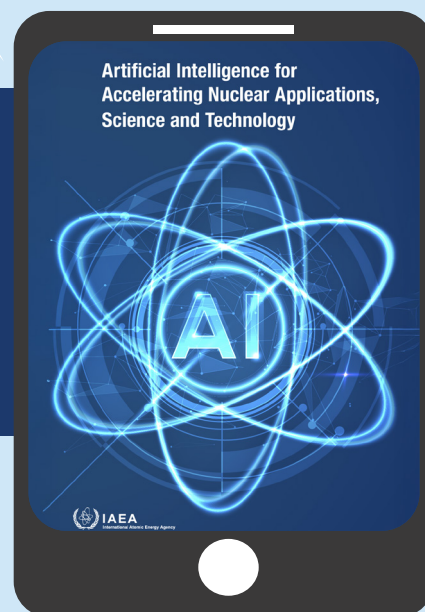
— Par Matt Fisher

Le saviez-vous ?

L'utilisation de l'IA dans le domaine du nucléaire pourrait aider à relever certains des défis les plus pressants auxquels nous faisons face aujourd'hui.

Scannez et découvrez

comment l'IA aide à progresser dans les utilisations pacifiques de la science, de la technologie et des applications nucléaires.



Parcourir toutes les publications de l'AIEA

accessibles gratuitement en ligne



<https://www.iaea.org/fr/publications>

Pour commander un ouvrage, veuillez écrire à l'adresse suivante : sales.publications@iaea.org

Publications de l'AIEA

Œuvrons ensemble

à un avenir meilleur

L'AIEA invite

les États Membres, les acteurs industriels, les institutions financières et autres parties prenantes à travailler avec elle dans le cadre de ses initiatives phares et à partager leurs compétences spécialisées, leurs outils de modélisation, leurs connaissances industrielles, leurs activités de sensibilisation et leurs ressources financières.

SANTÉ HUMAINE



IAEA
RAYS OF HOPE
CANCER CARE FOR ALL

LES FEMMES DANS LE NUCLÉAIRE

IAEA
Lise Meitner
PROGRAMME

ÉNERGIE

IAEA
**ATOMS 4
NET ZERO**

ENVIRONNEMENT

IAEA
**NUTEC
PLASTICS**

ALIMENTATION ET AGRICULTURE

FAO & IAEA
ATOMS 4 FOOD
GROWING FOOD SECURITY

Pour en savoir plus sur les
initiatives phares
de l'AIEA



IAEA

L'atome pour la paix
et le développement

International Symposium on



and Nuclear Energy

3 et 4 décembre 2025
Vienne (Autriche)

