

IAEA BULLETIN

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

La publication phare de l'AIEA | Septembre 2019

Version numérique :
www.iaea.org/bulletin



LA LUTTE CONTRE LE CANCER

Voir et tuer les cellules cancéreuses :
utilisation de la théranostique pour le diagnostic
et le traitement, p. 8

Maintenir la sûreté et l'efficacité de la radiothérapie :
entretien avec un éminent expert en dosimétrie, p. 14

Gérer la demande toujours croissante de services de
cancérologie dans le monde en développement, p. 22

Et aussi :
Infos AIEA



Le Bulletin de l'IAEA

est produit par

le Bureau de l'information

et de la communication (OPIC)

Agence internationale de l'énergie atomique

Centre international de Vienne

B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

Téléphone : (+43 1) 2600-0

iaebulletin@iaea.org

Direction de la rédaction : Nicole Jawerth

Rédaction : Miklos Gaspar

Conception et production : Ritu Kenn

Le Bulletin de l'IAEA est disponible

à l'adresse suivante :

www.iaea.org/bulletin

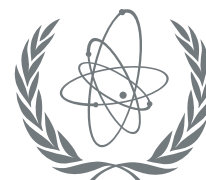
Des extraits des articles du Bulletin peuvent être utilisés librement à condition que la source soit mentionnée. Lorsqu'il est indiqué que l'auteur n'est pas fonctionnaire de l'IAEA, l'autorisation de reproduction, sauf à des fins de recension, doit être sollicitée auprès de l'auteur ou de l'organisation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

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

Couverture :

Anna Schlosman

Suivez-nous sur :



IAEA

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

Créée en 1957 en tant qu'organe autonome, l'IAEA est le seul organisme des Nations Unies à être spécialisé dans les technologies nucléaires. Ses laboratoires spécialisés uniques au monde aident au transfert de connaissances et de compétences à ses États Membres dans des domaines comme la santé humaine, l'alimentation, l'eau, l'industrie et l'environnement.

L'IAEA 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'IAEA définissent un système de principes fondamentaux de sûreté et sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un degré élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les effets néfastes 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'IAEA vérifie, au moyen de son système d'inspections, 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.

Les tâches de l'IAEA sont multiples et font intervenir un large éventail de partenaires aux niveaux national, régional et international. Les programmes et les budgets de l'IAEA 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.

L'IAEA a son siège au Centre international de Vienne. Elle a des bureaux locaux et des bureaux de liaison à Genève, à New York, à Tokyo et à Toronto. Elle exploite des laboratoires scientifiques à Monaco, à Seibersdorf et à Vienne. En outre, elle apporte son appui et contribue financièrement au fonctionnement du Centre international Abdus Salam de physique théorique de Trieste (Italie).

Dix ans de lutte contre le cancer

Par Cornel Feruta, Directeur général par intérim de l'AIEA

Près de dix millions de personnes ont perdu la vie à cause du cancer l'an dernier. Le nombre de décès liés au cancer est en augmentation, et les pays en développement paient un tribut particulièrement lourd.

Depuis de nombreuses années, l'AIEA s'efforce d'améliorer l'accès à la médecine nucléaire – y compris l'imagerie diagnostique – à la radiothérapie et à la dosimétrie dans les pays en développement. Ces dix dernières années, sous la direction de feu le Directeur général Yukiya Amano, l'assistance fournie aux pays aux fins de la lutte contre le cancer est devenue l'une des priorités de l'Agence. Aider les pays à offrir des soins oncologiques complets et de meilleurs services de radiothérapie à un nombre croissant de patients est devenu un objectif stratégique clé de l'AIEA.

Même si l'on dénombre encore près de 60 pays dans lesquels moins d'un quart des patients ont accès à la radiothérapie, cet accès s'est sensiblement amélioré dans au moins 20 pays en développement au cours des cinq dernières années.

Certains de ces pays ont bénéficié de l'appui de l'AIEA. Nous nous concentrons sur le transfert des connaissances et de l'expertise. Nous dispensons des formations à des radio-oncologues, à des physiciens médicaux, à des radiologues et à d'autres professionnels. Nous aidons aussi les pays à acquérir du matériel.

L'AIEA contribue à garantir la sûreté des patients au moyen de services de contrôle de la qualité. Nous avons effectué plus de 13 500 audits dosimétriques au cours des 50 dernières années, et avons ainsi aidé plus de 2 300 établissements de par le monde à s'assurer que les patients reçoivent exactement les bonnes doses de rayonnements.

En 2015, les dirigeants des pays du monde entier ont adopté les objectifs de développement durable des Nations Unies, dont une cible clé est de réduire d'un tiers le nombre de décès dus à des maladies non transmissibles, dont le cancer, d'ici à 2030. La science et la technologie nucléaires peuvent contribuer sensiblement à la réalisation de cet objectif.

Le présent numéro du Bulletin de l'AIEA traite plus en détail de l'utilisation des rayonnements pour lutter contre le cancer partout dans le monde et du rôle de l'AIEA à ce sujet. On y trouvera une présentation générale du cancer – caractéristiques biologiques, diagnostic et traitement (page 4) – ainsi que des informations sur les grandes avancées récentes telles que

la curiethérapie assistée par l'imagerie (page 10) et la théranostique (page 8), et aussi sur la production de nouveaux types de radiopharmaceutiques (page 6).

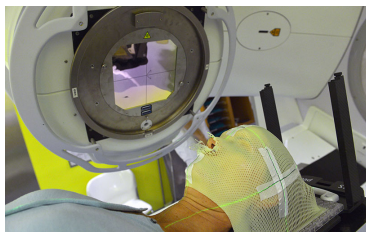
Les rayonnements jouent certes un rôle clé dans la lutte contre le cancer, mais il faut en garantir la sûreté pour qu'ils puissent être utilisés efficacement. Un réseau de laboratoires de dosimétrie coordonné par l'AIEA et l'Organisation mondiale de la Santé aide les experts à s'assurer que les doses de rayonnements restent conformes aux normes internationales et sont à la fois sûres et efficaces (page 27). Les normes de sûreté de l'AIEA sont essentielles pour les autorités de santé qui mettent en place des services de traitement du cancer (page 12). Des outils pédagogiques innovants et peu coûteux mis au point par l'AIEA aident les pays à s'affranchir des contraintes géographiques et financières de façon à créer un vivier de spécialistes parfaitement formés, notamment des radio-oncologues et des physiciens médicaux (page 24).

L'accès aux soins anticancéreux passe par la mise en place de systèmes de contrôle nationaux efficaces. Certains pays travaillent avec l'AIEA aux fins de l'adoption de lois et de règlements (page 16), tandis que d'autres demandent son assistance pour établir des documents de projet qui leur permettront de lever des fonds auprès d'institutions de prêt (page 18). De nombreux pays se tournent également vers l'AIEA pour obtenir de la formation, du matériel et des compétences spécialisées (page 22).

Le forum scientifique de septembre 2019 permettra de faire le point sur la contribution de l'AIEA à la lutte contre le cancer au cours des dix dernières années. Lors de quatre séances réparties sur deux jours, d'éminents scientifiques et experts du monde entier et des experts de l'AIEA pourront faire le point sur les progrès enregistrés et les difficultés rencontrées dans la mise en place et l'exercice de la médecine nucléaire et radiologique dans le cadre de la lutte contre le cancer, maladie dont le poids va croissant. Je vous invite à suivre le déroulement de l'événement en ligne : www.iaea.org/scientific-forum.



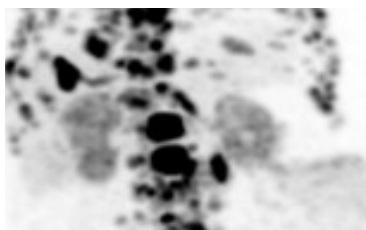
1 Dix ans de lutte contre le cancer



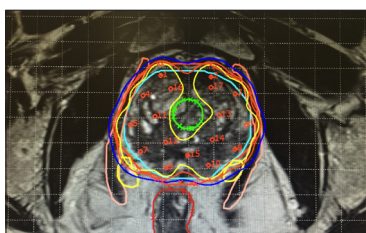
4 Cancer, médecine nucléaire, radiothérapie et biologie



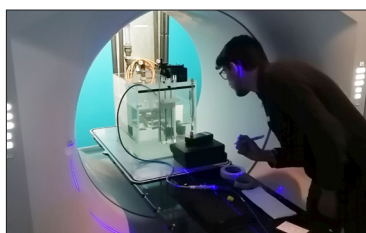
6 Traitement du cancer : les radiopharmaceutiques gagnent du terrain en Asie grâce à l'AIEA



8 Voir et tuer les cellules cancéreuses : utilisation de la théranostique pour le diagnostic et le traitement



10 Une nouvelle perspective pour le traitement du cancer : la curiethérapie assistée par l'imagerie



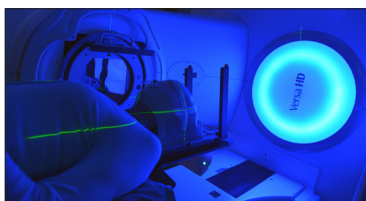
12 Exploiter de manière sûre les possibilités croissantes de la radiothérapie



14 Maintenir la sûreté et l'efficacité de la radiothérapie : entretien avec un éminent expert en dosimétrie



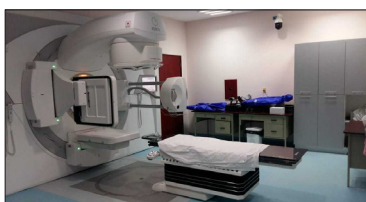
16 Lois régissant l'utilisation des rayonnements dans la prise en charge du cancer : un préalable indispensable au traitement



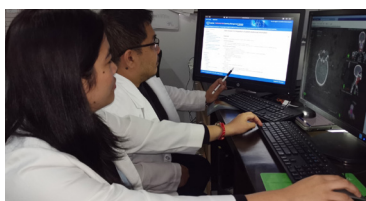
18 Niger : de la recherche de financement à la première unité de radiothérapie



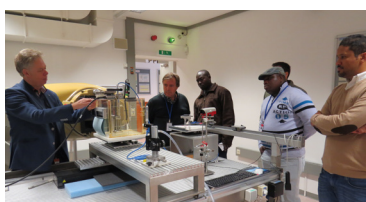
20 Bangladesh : une grande avancée dans la lutte contre le cancer



22 Gérer la demande toujours croissante de services de cancérologie dans le monde en développement



24 Technologie mobile et en ligne : une nouvelle façon d'aborder les soins et la formation en matière de cancer



27 Une dosimétrie précise pour un traitement du cancer de qualité : le Réseau AIEA/OMS de laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie

Dans le monde

29 Lutte contre le cancer : donnons un rôle plus important aux rayonnements

— Par Mack Roach

30 Dix ans de lutte contre le cancer

— Par Cary Adams

Infos AIEA

32 Les chefs de file du nucléaire d'aujourd'hui et de demain lancent un appel à l'innovation

33 Chine : éradication de populations de moustiques grâce à une étude pilote utilisant une technique nucléaire

34 Un outil en ligne pour parcourir l'ensemble des publications de l'AIEA sur la sûreté et la sécurité

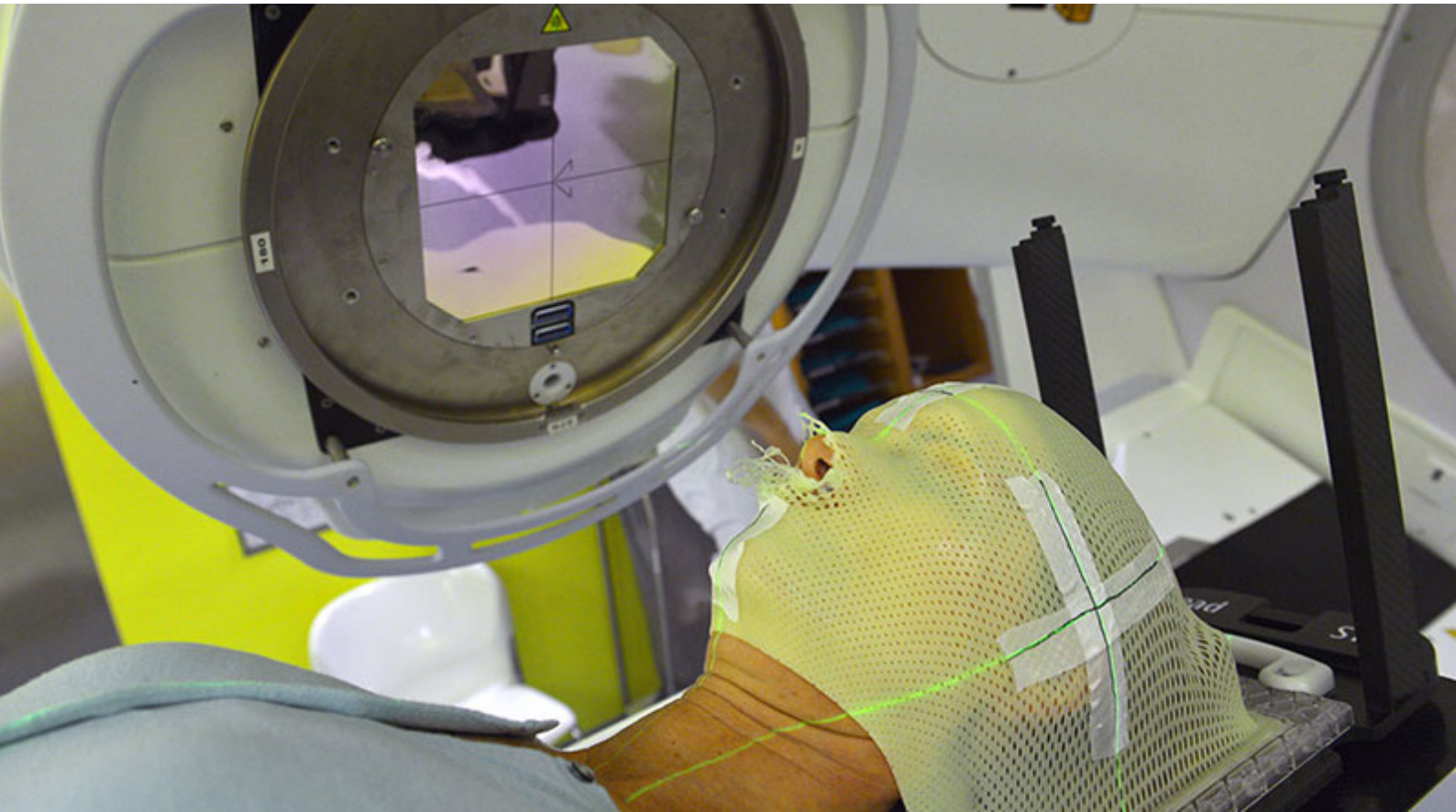
35 Plus de 700 professionnels formés dans le cadre de l'École de gestion des connaissances nucléaires de l'AIEA

36 Publications

Cancer, médecine nucléaire, radiothérapie et biologie

Vue d'ensemble

Par Nicole Jawerth



Le masque de radiothérapie maintient immobile la tête de la patiente de sorte que le rayonnement touche avec constance et exactitude la cible précise pendant le traitement.

(Photo : D. Calma/AIEA)

Grâce à la médecine nucléaire et à la radiothérapie, il est aujourd'hui possible de diagnostiquer plus tôt et de traiter plus efficacement des cancers qui étaient auparavant considérés comme incurables et mortels, offrant aux patients une meilleure qualité de vie et, pour beaucoup, une forte probabilité de guérison. Cette évolution s'explique par les progrès accomplis dans la recherche et les innovations technologiques, qui sont de plus en plus accessibles.

Toutefois, le cancer continue de progresser au niveau mondial. Il a été la cause de 9,6 millions de décès en 2018 et ce chiffre devrait encore augmenter : selon les estimations, cette maladie fera 16,3 millions de morts dans le monde en 2040.

Le cancer correspond à une croissance et à une division anormales et incontrôlées de cellules dans le corps, qui

forment souvent des amas que l'on appelle « tumeurs ». On peut diagnostiquer les tumeurs au moyen de rayonnements à faible dose, et ensuite les traiter avec des doses plus fortes. Il est essentiel de déterminer le type de la tumeur, ainsi que sa taille, sa localisation et son étendue, pour choisir la bonne approche thérapeutique, qui peut être la chirurgie, la radiothérapie, la chimiothérapie ou l'immunothérapie, et que l'on peut utiliser seule ou en combinaison avec d'autres. Lorsque la radiothérapie est indiquée, il faut déterminer avec soin la dose nécessaire et viser la tumeur avec du matériel calibré avec précision afin de maximiser l'efficacité du traitement tout en réduisant autant que possible sa nocivité. La science de la mesure, du calcul et de l'évaluation des doses de rayonnements absorbés s'appelle la dosimétrie (voir la page 14).

La médecine nucléaire

La médecine nucléaire est une branche de la médecine dans laquelle on utilise des radiopharmaceutiques pour diagnostiquer et, parfois, traiter des maladies comme le cancer.

Les radiopharmaceutiques utilisés varient selon la localisation et le type de cancer à évaluer et selon l'objectif recherché : le diagnostic, le traitement ou les deux. Le radiopharmaceutique est introduit dans le corps du patient par injection, inhalation ou ingestion. Une fois dans le corps, il cherche les cellules cancéreuses et s'accumule à proximité ou à l'intérieur de celles-ci, ce qui permet de localiser la tumeur ou de la cibler avec le rayonnement. Le radiopharmaceutique perd sa radioactivité sur une période connue.

Pour le diagnostic, on introduit dans l'organisme un radiopharmaceutique qui contient une très petite quantité de substance radioactive, appelé « traceur ». Lorsque le traceur s'est accumulé dans les cellules cancéreuses ou à proximité de celles-ci, on utilise une caméra spéciale pour détecter le rayonnement émis, et ainsi créer des images précises de ce qui se passe dans le corps du patient. Ces images aident l'équipe soignante à comprendre la maladie et à planifier le traitement. On peut recourir à l'imagerie tout au long de ce dernier pour suivre l'évolution de la maladie et adapter les soins en conséquence.

Pour le traitement, on utilise des radiopharmaceutiques qui contiennent de plus grandes quantités de substance radioactive. Le traceur s'accumule et émet le rayonnement sur les cellules cancéreuses, qui sont détériorées et tuées par l'irradiation.

Dans certains cas, on utilise les radiopharmaceutiques à la fois pour le diagnostic et pour le traitement. Cette approche, appelée « théranostique », est l'une des dernières avancées dans le diagnostic et le traitement du cancer (voir la page 8).

La radiothérapie

La radiothérapie est mise en œuvre par une équipe de radio-oncologues, de médecins médicaux et de spécialistes de la radiothérapie qui sont formés à l'utilisation du rayonnement ionisant contre les cellules cancéreuses. Selon le type et la localisation du cancer, l'équipe peut avoir recours à une source de rayonnement externe, comme le cobalt 60, venant d'un appareil spécialement conçu, ou d'un accélérateur linéaire qui émet un rayonnement de photons grâce à l'électricité. Il est également possible de placer les sources de rayonnement à proximité directe de la tumeur, voire à l'intérieur de celle-ci. C'est ce que l'on appelle la curiethérapie. L'une des dernières avancées en radiothérapie est la curiethérapie assistée par l'imagerie (voir la page 10).

Dans le cadre de la radiothérapie, il faut déterminer avec soin des doses de rayonnement qui soient suffisamment fortes pour endommager efficacement l'ADN des cellules cancéreuses tout en réduisant le plus possible les effets nocifs sur

les cellules saines. Souvent, les cellules cancéreuses ne parviennent pas à réparer leur ADN endommagé après une irradiation à faible dose aussi efficacement que les cellules saines normales se trouvant dans la zone traitée. Pour exploiter cette différence biologique entre les cellules cancéreuses et les cellules saines, on peut administrer plusieurs petites doses sur plusieurs semaines, et obtenir ainsi les meilleures chances de détruire la tumeur avec le moins d'effets secondaires possible. La compréhension des paramètres qui permettent de déterminer la meilleure approche thérapeutique possible dans les différents cas est l'un des aspects de la science appelée « radiobiologie ».

Plus de 14 millions de cas de cancer sont diagnostiqués dans le monde chaque année. Environ la moitié des patients atteints de cette maladie bénéficient d'une radiothérapie à un moment ou à un autre de leur traitement, souvent en combinaison avec d'autres méthodes, comme la chirurgie et la chimiothérapie.

L'AIEA promeut depuis plus de 60 ans l'utilisation de la médecine radiologique dans la lutte contre le cancer et les progrès en la matière. Elle aide des pays dans le monde entier à mettre sur pied et à maintenir des services nationaux de soins anticancéreux en formant les professionnels, en équipant les installations et en facilitant le transfert du savoir-faire scientifique entre experts (voir la page 22). Elle apporte aussi son assistance pour la planification, la mise en place et l'analyse des plans nationaux de lutte contre le cancer, y compris en ce qui concerne la mobilisation de ressources pour les projets (voir la page 18).

Les radiopharmaceutiques, médicaments contenant une substance radioactive, peuvent servir à des fins diagnostiques ou thérapeutiques.

(Photo : S. Slavchev/AIEA)



Traitement du cancer : les radiopharmaceutiques gagnent du terrain en Asie grâce à l'AIEA

Par Miklos Gaspar



Une spécialiste à l'INMOL, à Lahore (Pakistan), vérifie la qualité des radiopharmaceutiques avant leur utilisation sur des patients.

(Photo : INMOL)

Les radiopharmaceutiques – médicaments qui contiennent des substances radioactives – utilisés dans le traitement du cancer sont bien établis dans les systèmes de santé de nombreuses régions du monde, mais ils commencent seulement maintenant à gagner du terrain dans les pays en développement. Ces médicaments, qui peuvent allonger l'espérance de vie des patients, font leur entrée dans un nombre croissant de pays en Asie, notamment grâce à un projet de coopération technique de l'AIEA. On peut citer le lutétium 177 (^{177}Lu)-DOTATATE, radiopharmaceutique utilisé dans le traitement des tumeurs neuroendocrines, qui sont des cancers gastro-intestinaux mortels. Ce médicament a été produit avec succès et est aujourd'hui utilisé en situation clinique, dans le cadre du projet, en Iran, en Jordanie, au Pakistan et en Thaïlande.

Dans le cadre du projet de trois ans sur la production des radiopharmaceutiques, qui s'est achevé en décembre 2018, l'AIEA a apporté son appui à des radiochimistes, à des radiopharmaciens et à des manipulateurs de 20 pays. Ces personnes ont été formées à la mise au point, au contrôle de la qualité et à l'utilisation des radiopharmaceutiques thérapeutiques. Quatre des pays participants utilisent déjà ces radiopharmaceutiques dans leur pratique clinique, et plus de 100 patients ont bénéficié d'un traitement.

« Ce projet a fortement contribué à l'amélioration de la prise en charge des patients atteints de cancer en offrant de nouvelles possibilités thérapeutiques qui n'étaient pas disponibles auparavant, notamment compte tenu de l'absence ou de l'utilité limitée d'autres modalités de traitement

telles que la chimiothérapie et la radiothérapie dans certains cas », explique Amer Al-Hourani, radiopharmacien à l'Institut royal jordanien de services médicaux, où dix patients ont jusqu'à présent été traités avec des radiopharmaceutiques.

Radiopharmaceutiques thérapeutiques ciblés

Les radiopharmaceutiques sont des médicaments produits à partir de radio-isotopes habituellement liés à des biomolécules qui peuvent cibler des organes, des tissus ou des cellules précis dans l'organisme humain. Depuis le début des années 1950, ils sont utilisés de plus en plus couramment pour le diagnostic de diverses maladies et, dans une moindre mesure, pour le traitement. Grâce aux progrès récents de la recherche en médecine nucléaire, on met au point de nouveaux radionucléides et radiopharmaceutiques qui offrent un plus grand potentiel de ciblage, ce qui élargit les possibilités d'adaptation et de combinaison des options diagnostiques et thérapeutiques fondées sur les radiopharmaceutiques.

Les participants au projet ont appris à mettre au point et à utiliser principalement le ^{177}Lu -DOTATATE. Les radiopharmaceutiques thérapeutiques ciblés, comme le ^{177}Lu -DOTATATE, consistent essentiellement en des biomolécules telles que des peptides (acides aminés reliés dans un ordre précis), des anticorps et des protéines qui sont radiomarquées chimiquement avec des radionucléides émetteurs bêta, comme le ^{177}Lu .

Le ^{177}Lu est le radio-isotope de choix, car après sa fabrication dans un réacteur de recherche, il survit

assez longtemps pour être lié ou marqué à la bonne biomolécule, amené à l'hôpital et injecté au patient.

Une fois dans l'organisme, la biomolécule transporte le ¹⁷⁷Lu rapidement et directement jusqu'à la tumeur, où il se concentre avant de bombarder la tumeur avec le rayonnement. Étant donné que la molécule cible uniquement les cellules cancéreuses et que le ¹⁷⁷Lu a une durée de vie limitée, cette technique maximise le traitement du cancer tout en réduisant autant que possible la nocivité pour les cellules saines de l'organisme. On l'utilise le plus souvent pour traiter les tumeurs situées dans l'estomac, l'intestin, la prostate et le pancréas.

Compte tenu de la capacité de ciblage de certains radiopharmaceutiques, comme le ¹⁷⁷Lu-DOTATATE, ceux-ci constituent une option thérapeutique utile pour les cancers qui ont atteint plusieurs organes en passant par le système lymphatique ou la circulation sanguine. Dans de tels cas, la résection de la tumeur initiale ne suffit pas et la radiothérapie nécessiterait d'exposer de grandes parties de l'organisme au rayonnement, ce qui serait dangereux pour le patient. Cette technique compte aussi parmi les traitements privilégiés pour les patients dont le système immunitaire est trop faible pour qu'ils puissent subir une chimiothérapie, traitement qui touche l'ensemble de l'organisme.

Traiter les patients, prolonger l'espérance de vie

En plus de mettre en place des services de prise en charge du cancer fondés sur le ¹⁷⁷Lu-DOTATATE, plusieurs pays ayant participé au projet ont également élargi leurs capacités théranostiques. La théranostique est une méthode de prise en charge du cancer qui repose sur les radiopharmaceutiques à la fois pour le diagnostic et pour le traitement (plus d'informations en page 8).

Au Pakistan, par exemple, 15 médecins ont été formés et ont reçu le matériel nécessaire, en partie grâce à l'AIEA, pour aider à la mise sur pied de services théranostiques fondés sur les radiopharmaceutiques. Chaque année, on dénombre dans ce pays plus de 170 000 nouveaux cas de cancer.

« L'ouverture d'un centre théranostique à l'INMOL, le tout premier au Pakistan, marque un tournant historique », affirme Irfan Ullah Khan, directeur scientifique adjoint à l'Institut de médecine nucléaire et d'oncologie de Lahore (INMOL), au Pakistan. « Bien que le projet [de l'AIEA] soit terminé, nous disposons [maintenant] de la technologie au Pakistan, et nous continuons ainsi à faire bénéficier les patients de traitements efficaces. Cela a vraiment changé leur vie. »

« Dans le cadre d'un projet de suivi de trois ans, lancé début 2019 au titre de la deuxième phase d'appui, l'AIEA aide les pays qui avaient participé au projet initial à poursuivre et à mener à bien les demandes d'octroi d'autorisation et la pleine mise en œuvre de la méthode », explique Mykola Kurylchuk, responsable de la gestion de projet à l'AIEA chargé de cette initiative.

« Tout pays doté d'un réacteur de recherche est capable, en principe, de produire ces isotopes, et l'AIEA est déterminée à mettre cette technologie à la disposition de tous les pays intéressés », poursuit-il.

Des émetteurs bêta aux émetteurs alpha

Le projet de l'AIEA vise aussi à aider les pays à jeter les bases nécessaires à l'utilisation d'émetteurs alpha comme radiopharmaceutiques.

Les radiopharmaceutiques comportant une matière radioactive qui subit une désintégration alpha – c'est-à-dire qui émet un atome d'hélium 4, dont le noyau est composé de deux protons et de deux neutrons – et non une désintégration bêta, sont plus efficaces dans le traitement du cancer mais plus difficiles à produire. Les particules alpha transfèrent davantage d'énergie et ont un plus petit rayon d'action. Elles peuvent donc mieux pénétrer les cellules cancéreuses et ont un pouvoir de destruction de ces cellules jusqu'à dix fois supérieur à celui des particules bêta.

« Après que les pays ont appris à produire et à administrer des émetteurs bêta, la production et l'utilisation d'émetteurs alpha constituent l'une des étapes suivantes pour un traitement encore plus efficace et plus ciblé », explique Amir Jalilian, chimiste spécialiste des radio-isotopes et des radiopharmaceutiques à l'AIEA.

L'AIEA a aidé des experts du Koweït et de la Thaïlande à acquérir cette technique plus avancée, et deux hôpitaux, un dans chacun de ces pays, l'utilisent aujourd'hui à des fins thérapeutiques. Des spécialistes dans d'autres pays participants ont pour objectif de commencer la production et l'utilisation d'émetteurs alpha d'ici à 2021, grâce au projet de coopération technique de suivi.

Voir et tuer les cellules cancéreuses

Utilisation de la théranostique pour le diagnostic et le traitement

Par Elisa Mattar et Nicole Jawerth

L'utilisation de molécules pour transporter des substances radioactives de manière sûre dans l'organisme permet aux médecins d'obtenir des images plus précises des tumeurs et d'éliminer les cellules cancéreuses plus efficacement. Cette méthode, qui combine les applications thérapeutique et diagnostique des radiopharmaceutiques, est appelée « théranostique ». C'est l'une des dernières innovations dans le domaine de la lutte contre le cancer et l'une des techniques que l'AIEA aide à rendre accessibles aux patients partout dans le monde en appuyant le transfert de technologie et le renforcement des capacités.

Mohamad Haidar, maître de conférences en radiologie clinique au Département de radiologie de l'Université américaine du Centre médical de Beyrouth (Liban), est convaincu que la théranostique a le potentiel de révolutionner le traitement du cancer. « C'est une technique très efficace qui permet de voir ce que l'on traite et de traiter ce que l'on voit, explique-t-il. Il en résulte une meilleure qualité de vie et une plus grande espérance de vie, et moins d'effets secondaires qu'avec les autres traitements, comme la chimiothérapie. »

Si la théranostique est utilisée depuis plus de 70 ans pour traiter quelques maladies, comme le cancer de la thyroïde, c'est seulement au cours des dernières dizaines d'années que son utilisation s'est répandue. Les progrès dans le domaine de la médecine et les avancées technologiques ont conduit à la mise au point de nouveaux radiopharmaceutiques et de nouveaux équipements médicaux, ouvrant la voie à l'utilisation de la théranostique dans la lutte contre les cancers de la prostate, du foie, du système gastro-intestinal et du système nerveux, entre autres. Le radiopharmaceutique appelé « lutétium 177 (¹⁷⁷Lu)-DOTATATE », par exemple, est utilisé dans le traitement des tumeurs neuroendocrines (voir la page 6 pour plus d'informations à ce sujet).

Bien qu'elle permette d'améliorer la guérison des patients, la théranostique n'est pas encore disponible à grande échelle, car elle requiert des compétences et des installations différentes de celles dont on dispose pour d'autres types de traitements, comme la radiothérapie, la chimiothérapie et la chirurgie.

« L'AIEA aide des pays dans le monde entier à mettre en place des installations, à développer leurs capacités en médecine nucléaire et en radiothérapie par la formation et, une fois prêts, à appliquer en toute sûreté des techniques de médecine personnalisée et des techniques avancées, comme la théranostique et la radiothérapie stéréotaxique

corps entier (RSCE) », se félicite May Abdel-Wahab, directrice de la Division de la santé humaine de l'AIEA.

Comment fonctionne la théranostique

Par certains aspects, le principe de la théranostique est le même que celui à l'œuvre avec certains médicaments, à savoir l'interaction avec des protéines (récepteurs) situées sur les parois cellulaires. Les récepteurs peuvent se lier à des molécules extérieures (hormones, médicaments, etc.) qui les activent et émettent un signal biochimique ou électrique qui indique à la cellule ce qu'elle doit faire (arrêter de produire les substances qui signalent la douleur au cerveau, par exemple).

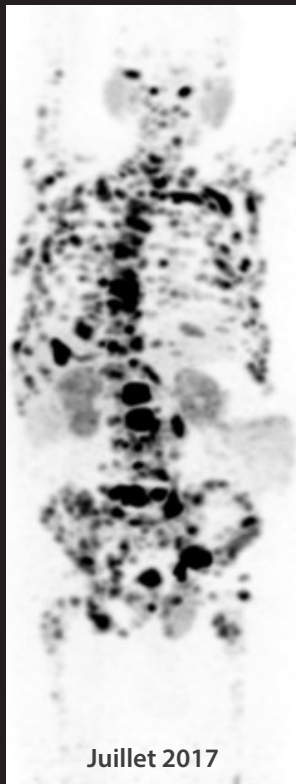
Des molécules différentes sont attirées par des types de récepteur différents. Lorsque l'on sait quelle molécule se fixe sur quel récepteur, on peut mettre au point des médicaments qui lient la bonne molécule à un inhibiteur de douleur, par exemple, pour que celle-ci transporte l'inhibiteur jusqu'au bon récepteur, pour faire cesser un mal de tête, par exemple.

Il en va de même avec les radiopharmaceutiques : les substances radioactives se lient à des molécules sélectionnées en fonction de la manière dont elles interagissent avec l'organisme dans le cas de certains cancers. Ces molécules transportent ensuite les radiopharmaceutiques jusqu'à la tumeur cible, permettant d'établir une image diagnostique ou de traiter la tumeur. Comme les cellules saines n'ont pas les mêmes récepteurs que les cellules cibles, les radiopharmaceutiques les ignorent et ne les endommagent pas.

« En tenant compte des besoins spécifiques de chaque patient, la théranostique fait la transition entre la médecine traditionnelle d'une part et la médecine personnalisée et la médecine de précision d'autre part, le patient recevant ainsi le traitement le plus adapté », déclare Diana Paez, chef de la Section de la médecine nucléaire et de l'imagerie diagnostique de l'AIEA.

Voir, puis traiter

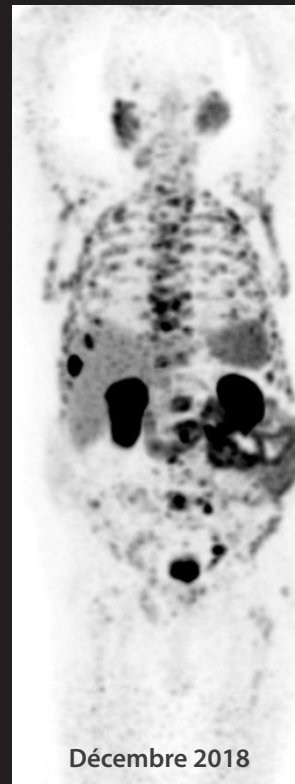
En imagerie diagnostique, un radiopharmaceutique contenant une petite quantité de substance radioactive est introduit dans l'organisme par injection, ingestion ou inhalation, et transporté jusqu'à la zone cible. Une fois le radiopharmaceutique concentré à l'intérieur ou autour



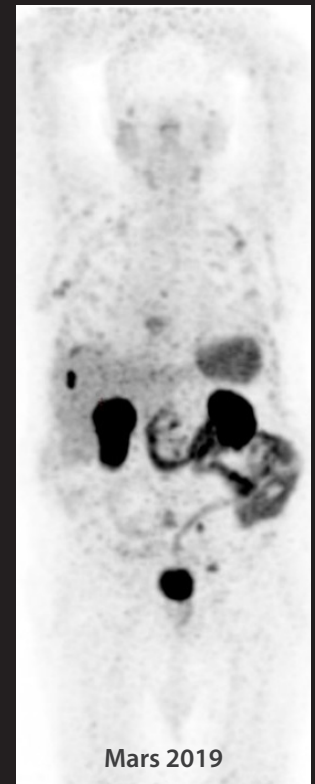
Juillet 2017



Juillet 2018



Décembre 2018



Mars 2019

Résultat de la théranostique chez un patient de 82 ans atteint d'un cancer de la prostate propagé aux nœuds lymphatiques et aux os, du début du traitement (à gauche) à la rémission quasi totale (à droite).

(Photo : Université américaine du Centre médical de Beyrouth)

des cellules cibles, l'infime rayonnement qu'il émet est scanné et détecté par une caméra spéciale, ce qui permet d'obtenir des images de la zone du corps ciblée.

Sur la base de ces images, les médecins déterminent le traitement le plus approprié pour le patient. S'ils optent pour la théranostique, ils sélectionnent un radiopharmaceutique et déterminent la quantité exacte de rayonnement nécessaire – la dose dépend du type et de la taille de la tumeur, de l'âge et du sexe du patient, de la gravité du cancer et de l'organe ciblé. Une fois que le radiopharmaceutique est concentré à l'intérieur ou autour des cellules cancéreuses, le rayonnement qu'il émet endommage et tue ces dernières, tandis que les cellules saines environnantes ne subissent pas de dommages majeurs. Le traitement s'étale généralement sur plusieurs sessions et des images diagnostiques supplémentaires sont réalisées pour en suivre le résultat.

« Nous avons vu des patients réagir à la théranostique d'une manière inconcevable avec d'autres traitements », affirme Mohamad Haidar. Avec son équipe de 15 spécialistes, il ne peut actuellement faire bénéficier d'un traitement que quelques patients par an au Liban, mais il a déjà obtenu des résultats notables.

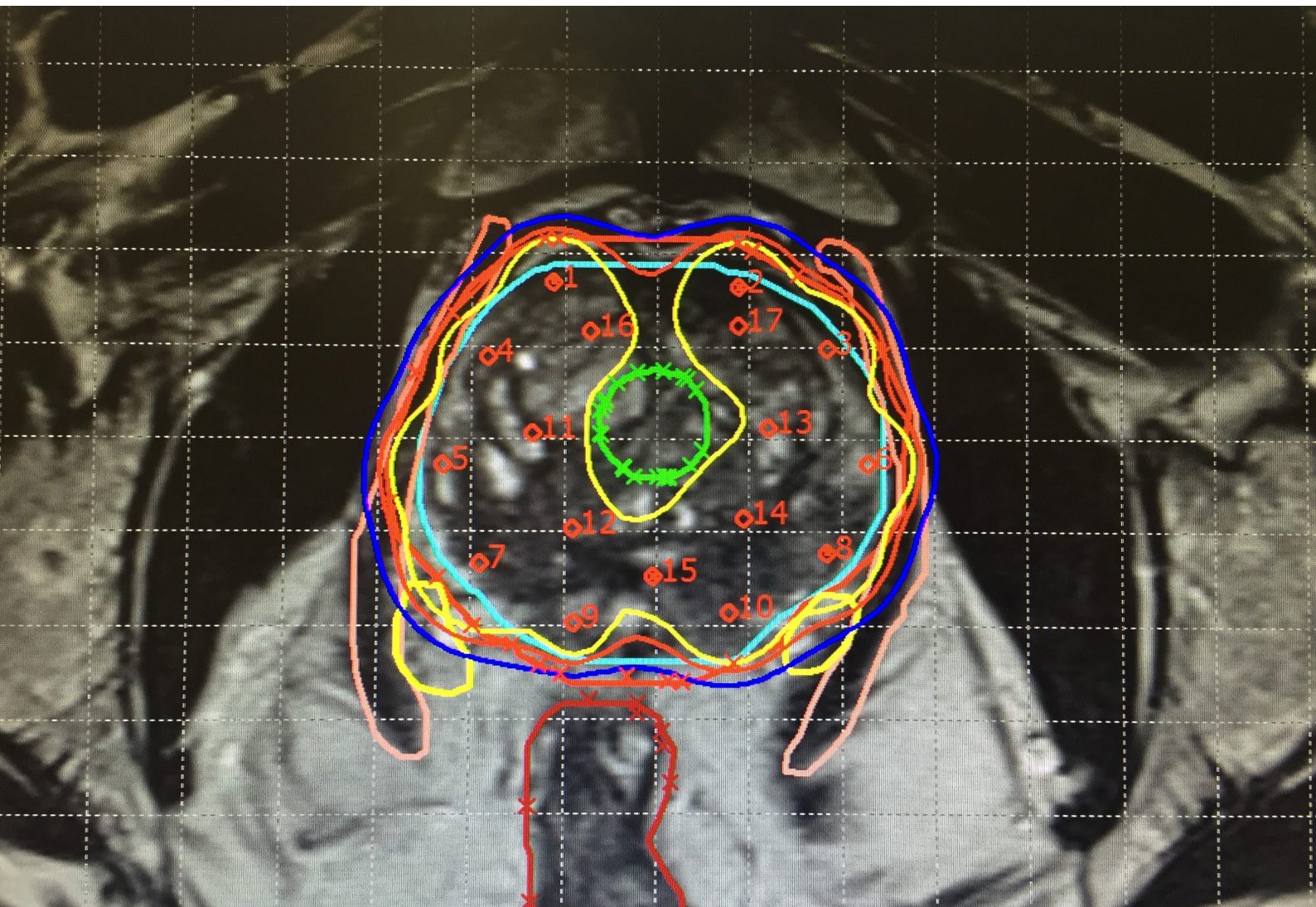
Il cite le cas d'un patient de 82 ans atteint d'un cancer de la prostate propagé aux nœuds lymphatiques et aux os. « Nous avons essayé plusieurs traitements sans succès, puis nous sommes tournés vers la théranostique, explique-t-il. Après avoir administré deux doses d'antigène membranaire prostatique spécifique (PSMA) marqué au lutétium 177, nous avons constaté une forte diminution du nombre de lésions tumorales, suivie d'une rémission quasi totale après l'administration d'une dose supplémentaire d'un autre radiopharmaceutique, l'actinium 255, également un PSMA. »

Il précise qu'il s'agit seulement de résultats préliminaires et qu'il reste beaucoup à faire pour bien comprendre l'impact et le champ d'application potentiel de la théranostique.

Son équipe et lui prévoient de continuer de collaborer avec l'AIEA pour faire avancer leurs travaux de recherche et renforcer leurs compétences et celles de tiers dans la région. Dans le cadre de son programme de coopération technique, l'AIEA a organisé des formations et fourni du matériel au Liban pour appuyer la mise en place de services de traitement du cancer dans le pays.

Une nouvelle perspective pour le traitement du cancer : la curiethérapie assistée par l'imagerie

Par Elisa Mattar



Des images médicales détaillées aident les professionnels de santé à distinguer les tumeurs des tissus et des organes sains et à placer les sources de rayonnements au bon endroit.

(Photo : Auna Oncosalud)

Les avancées technologiques ont ouvert la voie à des techniques telles que la curiethérapie assistée par l'imagerie, qui améliorent les résultats thérapeutiques et offrent une meilleure qualité de vie aux patients.

« La curiethérapie assistée par l'imagerie est une méthode de traitement du cancer hautement personnalisée et de précision qui peut contribuer à améliorer le taux de survie pour de nombreux types de cancer, tout en réduisant le risque de complications », affirme Gustavo Sarria Bardales, directeur médical du service de radiothérapie de l'hôpital Auna Oncosalud, au Pérou. « Alors que les cas de cancer sont en augmentation dans le monde, la curiethérapie assistée par l'imagerie permet un traitement sûr, efficace et de qualité de certains cancers courants, comme les cancers

du sein, de la prostate ou du col de l'utérus. La poursuite du développement et de la mise en œuvre de cette technologie est une excellente occasion d'étendre l'accès à celle-ci à un plus grand nombre de patients et de dispenser des soins efficaces. »

Si la curiethérapie (forme de traitement radiothérapeutique interne faisant appel à des sources radioactives) est fréquemment utilisée pour traiter de nombreux cancers depuis plus d'un siècle, c'est seulement au cours des 15 dernières années que la curiethérapie assistée par l'imagerie a pu être mise en œuvre, grâce à des avancées dans l'imagerie médicale, la planification des traitements et l'administration des doses.

Avec la curiethérapie assistée par l'imagerie, la dose de rayonnements est maximisée afin de tuer

les cellules cancéreuses tout en réduisant le plus possible l'exposition des cellules saines environnantes. Cette technique, qui s'appuie sur des images médicales en 3D détaillées, permet d'évaluer le changement de volume d'un organe et ainsi d'adapter la curiethérapie de façon optimale aux besoins du patient.

Les images montrent avec précision la taille et le site de la tumeur ainsi que les organes concernés, ce qui permet à l'équipe soignante de planifier avec précision et d'effectuer de manière sûre l'implantation thérapeutique des sources radioactives à proximité immédiate ou à l'intérieur même de la tumeur. Cette implantation peut être temporaire (elle se fait alors au moyen d'un applicateur amovible contenant les sources) ou permanente. Dans ce cas, les sources, appelées « grains radioactifs », restent indéfiniment à l'intérieur de l'organisme et leur radioactivité diminue jusqu'à ce qu'elles deviennent inoffensives.

Pour certains types de cancer, comme le cancer du col de l'utérus, la curiethérapie assistée par l'imagerie est associée à la radiothérapie externe. Pour d'autres, comme les cancers du sein et de la prostate, elle peut être administrée seule. La curiethérapie assistée par l'imagerie permet d'administrer des doses de rayonnements plus élevées en ciblant directement la tumeur. Ainsi, les tissus sains reçoivent une dose de rayonnements moindre, puisque les sources sont placées directement dans la tumeur ou au plus près de celle-ci.

« Toutefois, l'implantation des sources à l'intérieur du corps du patient nécessite des compétences pluridisciplinaires, notamment en chirurgie, en imagerie et contourage, et en planification des traitements », explique Alfredo Polo Rubio, radio-oncologue à l'AIEA. « Il ne s'agit pas d'une procédure reproductible à l'identique pour tous les patients. Chaque corps est différent, de même que chaque tumeur, et la curiethérapie est une forme de traitement personnalisé. L'association de la curiethérapie et de l'imagerie donne au personnel soignant une vision plus claire de la tumeur et des organes qui l'entourent. Elle facilite ainsi l'implantation des sources de rayonnements, l'évaluation de la réponse tumorale et l'ajustement plus précis des doses de rayonnements. »

Bien que l'on considère que la curiethérapie assistée par l'imagerie offre un bon rapport coût-efficacité, compte tenu de son taux de réussite élevé, elle reste onéreuse. Elle requiert des logiciels et du matériel coûteux afin que puisse être mené à bien le plan de traitement personnalisé, ainsi qu'une équipe de spécialistes hautement qualifiés : des oncologues, des dosimétristes, des radiothérapeutes et même, dans certains cas, des chirurgiens, qui aident à l'implantation des applicateurs dans l'organisme.

De nombreux pays dans le monde travaillent avec l'AIEA au développement de leurs services de cancérologie et, lorsque leurs structures sont prêtes, à l'adoption de méthodes innovantes, comme la curiethérapie assistée par l'imagerie. Dans le cadre de la coopération technique de l'AIEA et de projets de recherche coordonnée, des experts reçoivent une formation et du matériel, et ont accès à des réseaux professionnels leur permettant de renforcer leurs compétences.

L'AIEA a également publié des orientations et des documents techniques pour appuyer la mise en place de la curiethérapie assistée par l'imagerie et orienter les professionnels lors de la transition de techniques simples à d'autres plus complexes.

Certains pays, comme le Pérou, se tournent à présent vers la curiethérapie assistée par l'imagerie pour mieux gérer le fardeau croissant du cancer.

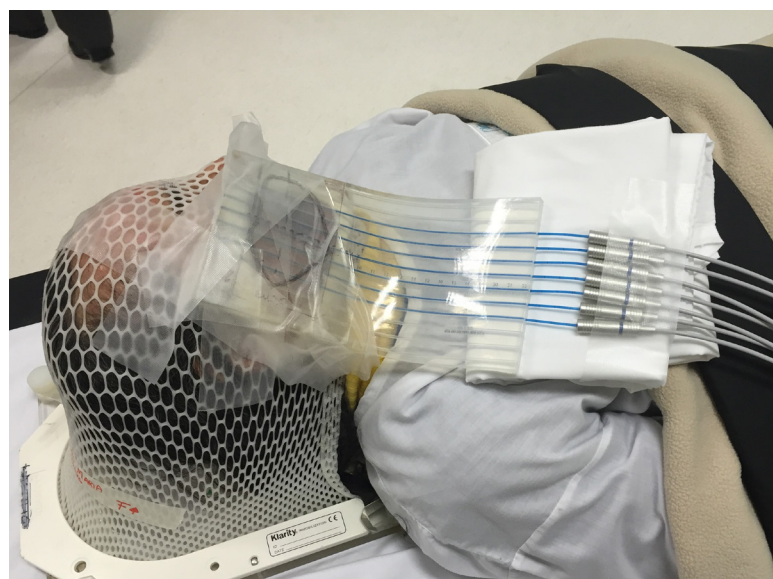
« Le cancer, en augmentation continue, est en passe de devenir la première cause de mortalité des Péruviens », affirme Gustavo Sarria Bardales. Au Pérou, plus de 66 000 cas sont diagnostiqués chaque année. « Le système de santé n'est pas prêt à faire face à une telle transition épidémiologique. C'est pourquoi l'adoption de solutions nouvelles, comme la curiethérapie assistée par l'imagerie, est nécessaire. »

Le Pérou travaille avec l'AIEA depuis plus de 30 ans en vue de renforcer ses services de cancérologie. Au cours des cinq dernières années, cette collaboration a notamment permis le renforcement des capacités en ressources humaines du pays en ce qui concerne la curiethérapie assistée par l'imagerie, et la mise en relation des professionnels péruviens avec des réseaux internationaux et des spécialistes de ce domaine spécifique.

« Auparavant, nous nous limitions à la curiethérapie classique en 2D ou en 3D. Nous avons maintenant commencé à utiliser la curiethérapie assistée par l'imagerie et attendons d'en apprécier pleinement les avantages », affirme Gustavo Sarria Bardales. « Nous pensons que dans les dix prochaines années, la curiethérapie assistée par l'imagerie deviendra une forme plus courante de traitement du cancer, car c'est une approche plus personnalisée, qui offre un taux de réussite plus élevé. Son rapport efficacité-coût est meilleur et elle constitue une méthode de traitement appropriée pour différents types de cancer. »

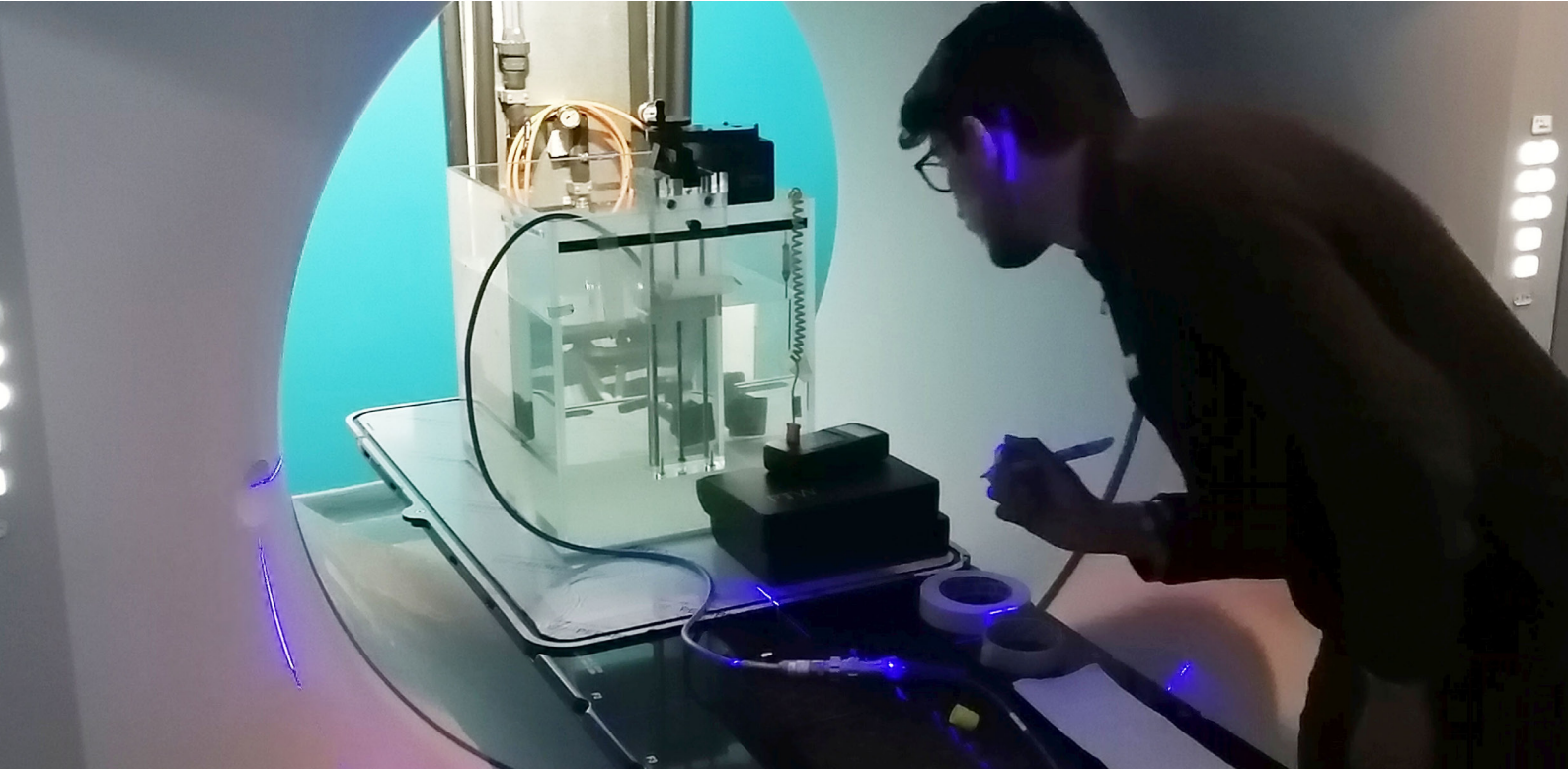
La curiethérapie consiste à placer des sources radioactives dans l'organisme ou en surface au moyen de matériel divers : fils, cathéters ou aiguilles.

(Photo: Auna Oncosalud)



Exploiter de manière sûre les possibilités croissantes de la radiothérapie

Par Nathalie Mikhailova



Un spécialiste effectue des réglages dosimétriques pour veiller à la sûreté et à l'exactitude des doses de rayonnements.

(Photo : Hôpital de Tygerberg)

Grâce aux progrès réalisés dans le domaine de la radiothérapie, le traitement du cancer est plus efficace, plus précis et plus facile à administrer. Si cela comporte des avantages pour les patients, cela engendre également de nouveaux défis en matière de sûreté.

« L'introduction d'une nouvelle technologie n'est pas sans risques, explique Christoph Trauernicht, chef de la Division de physique médicale à l'hôpital de Tygerberg et maître de conférences à l'Université Stellenbosch, au Cap. Avec chaque nouvel appareil, il y a un risque de commettre des erreurs, car les radiothérapeutes doivent d'abord apprendre comment il fonctionne. On ne peut pas simplement supposer qu'il fera exactement ce qu'on attend de lui : il faut le vérifier, idéalement au moyen de tests minutieux. »

Depuis le début du XX^e siècle, les rayonnements jouent un rôle croissant et de plus en plus essentiel dans le traitement du cancer. La thérapie par rayonnement, ou radiothérapie, consiste à tuer les cellules cancéreuses en irradiant les tumeurs avec des doses très précises, soit au moyen de faisceaux externes (rayons X, rayons gamma ou électrons, par exemple), soit au moyen de sources radioactives introduites à l'intérieur du corps du patient ou placées au-dessus de ce dernier.

Aujourd'hui, l'appareil le plus communément utilisé dans le traitement du cancer par rayonnement est l'accélérateur linéaire, ou linac. Plus de 12 000 linacs sont actuellement en exploitation dans les hôpitaux du monde entier, et ce nombre devrait encore augmenter.

« Plus la technologie évolue, plus il est important d'assurer la sûreté de la radiothérapie, déclare Debbie Gilley, spécialiste de la radioprotection à l'AIEA. Les nouvelles technologies permettent une plus grande automatisation et une optimisation plus poussée des doses de rayonnement, mais elles nécessitent également une formation spéciale du personnel et des systèmes de sûreté différents pour garantir que les patients reçoivent le traitement adéquat. »

Près de la moitié des personnes atteintes du cancer sont soumises à une radiothérapie à un moment ou à un autre. L'augmentation continue du nombre de cas de cancer entraînera donc une augmentation des besoins en radiothérapie. Le rôle des physiciens médicaux s'agissant de garantir l'utilisation sûre et efficace des rayonnements en médecine et l'importance des ressources consacrées à leur formation en radioprotection s'en trouveront également renforcés.

L'AIEA aide des pays dans le monde entier à s'adapter à l'évolution des technologies et des besoins en matière de sûreté. Elle s'emploie à consolider la pratique de la physique médicale dans le cadre de diverses initiatives, notamment en publiant des lignes directrices et des fiches d'information, en organisant des séminaires à l'intention des professionnels et des décideurs dans le domaine de la santé et en collaborant avec les associations de professionnels.

Ces initiatives s'inscrivent dans une démarche plus globale visant à améliorer l'accès à des services de radiothérapie de qualité. À cette fin, l'AIEA aide notamment les pays à appliquer les normes de sûreté radiologique qu'elle a élaborées en étroite coopération avec des gouvernements et des organisations du monde entier, et qui sont révisées et actualisées périodiquement par des experts de façon à tenir compte des avancées technologiques et des nouvelles connaissances.

L'AIEA a appuyé la formation de professionnels de la médecine radiologique en Afrique afin que ces derniers puissent utiliser les nouveaux appareils de manière sûre et efficace pour étendre les services d'imagerie et de radiothérapie et réduire les disparités en matière d'accès aux soins de santé.

« L'accès aux services de radiothérapie est inégal en Afrique du Sud, indique Christoph Trauernicht. Il y a une grande disparité entre le secteur public et le secteur privé, et le temps d'attente pour recevoir un traitement dans le secteur public peut parfois aller jusqu'à plusieurs mois. Nous nous efforçons de remédier à cette situation. »

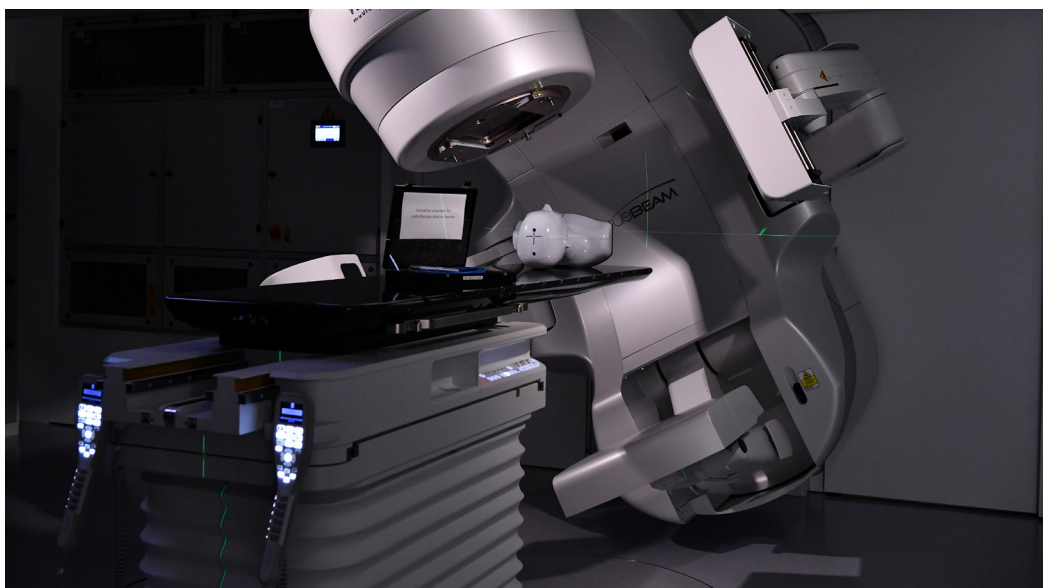
Quelque 1 600 patients par an reçoivent un traitement par radiothérapie à l'hôpital de Tygerberg, l'un des plus grands hôpitaux spécialisés d'Afrique du Sud, qui a fait l'acquisition de son quatrième linac en 2019. Conformément aux règlements de sûreté, tous les linacs livrés à l'établissement

sont soumis à des essais de réception, à des opérations de mise en service et à une procédure d'autorisation avant d'être utilisés sur les patients. L'appareil doit notamment être installé dans une salle spéciale, le système de planification de traitement doit être mis en service et le personnel doit être formé.

« Nous espérons que l'acquisition de nouveaux appareils de radiothérapie, entre autres changements, réduira le temps d'attente et, éventuellement, la durée du traitement, permettant ainsi de soigner davantage de patients. Bien sûr, des ressources humaines adéquates sont aussi nécessaires », déclare Christoph Trauernicht.

Il ajoute que la sûreté radiologique ne se limite pas à l'évolution de la radiothérapie. « Un organisme de réglementation national solide est essentiel pour assurer la sûreté au niveau institutionnel, affirme-t-il. L'Afrique du Sud compte des associations professionnelles nationales de physique médicale, de radiographie, d'oncologie, de radiologie et de médecine nucléaire, qui contribuent toutes dans une très large mesure à la sûreté en s'efforçant de faire mieux comprendre les règlements en la matière dans l'ensemble du pays. »

L'Afrique du Sud continue de perfectionner son cadre réglementaire pour le mettre en étroite conformité avec les normes de sûreté de l'AIEA. Les règlements en vigueur stipulent que des médecins médicaux doivent être associés aux services de radiothérapie et que des programmes de sûreté doivent être élaborés et appliqués. Parallèlement, les initiatives régionales, comme la campagne de sensibilisation à la radioprotection AFROSAFE et les activités de la Fédération des organisations de physique médicale africaines consacrées à l'accréditation des programmes de formation en physique médicale, se multiplient.



Un accélérateur linéaire (linac) est une machine qui produit des rayonnements à partir de l'électricité.

(Photo : D. Calma/AIEA)

Maintenir la sûreté et l'efficacité de la radiothérapie

Entretien avec un éminent expert en dosimétrie

Par Nathalie Mikhailova

Le rayonnement est essentiel dans la lutte contre le cancer et contribue à sauver de nombreuses vies dans le monde entier. Cependant, trop peu de rayonnement peut s'avérer inefficace, alors que trop de rayonnement peut être nocif. C'est là que la dosimétrie entre en jeu.

La dosimétrie est la science de la mesure, du calcul et de l'évaluation des doses de rayonnements absorbées. Les médecins médicaux y ont recours pour s'assurer que les appareils administrant le rayonnement aux patients sont précis et correctement étalonnés. La sûreté du patient en dépend.

Que recouvre la dosimétrie ? Comment s'assurer de sa fiabilité ? Pour en savoir plus, nous avons rencontré David Followill, directeur de l'unité d'imagerie et de radio-oncologie (IROC) au Centre d'assurance de la qualité de Houston, qui relève du Centre de cancérologie MD Anderson de l'Université du Texas (États-Unis d'Amérique). L'IROC Houston abrite le plus grand centre d'assurance de la qualité de la dosimétrie au monde, lequel a fourni une assistance à 2 200 centres de radiothérapie dans 58 pays. David Followill, directeur de l'IROC Houston ayant une expérience de plus de 20 ans dans le domaine de la dosimétrie, a consacré sa carrière à faire en sorte que le traitement par radiothérapie administré aux patients atteints du cancer soit précis, constant et sûr.

Q : La dosimétrie est utilisée pour maintenir la sûreté et l'efficacité de la radiothérapie, mais comment s'assurer de sa fiabilité ?

R : L'erreur est humaine. Il peut s'agir d'une erreur isolée, qui porte sur un faisceau de rayons X ou d'électrons, ou d'une erreur systémique, qui concerne tous les faisceaux à l'œuvre dans la radiothérapie. Des erreurs de ce type peuvent passer inaperçues si personne ne revérifie les doses. Les audits dosimétriques qu'effectue l'IROC Houston et ceux réalisés par l'AIEA, ou d'autres établissements dans le monde, sont essentiels pour assurer la précision et la constance des doses.

Les audits sont des examens par des pairs indépendants portant sur les traitements par radiothérapie administrés dans une clinique. Les cliniques reçoivent des dosimètres passifs (appareils conçus pour mesurer la dose de rayons absorbée) qu'elles vont irradier et renvoyer au programme d'audit en vue de leur évaluation. Les résultats de l'audit indiquent si les cliniques mesurent les doses correctement et les aident à repérer et à corriger toute erreur éventuelle. Cette vérification par des tiers permet de s'assurer de l'exactitude des mesures de dosimétrie.

Q : Que faut-il selon vous pour élaborer et maintenir un programme de dosimétrie dans un établissement ?

R : Tout programme de dosimétrie d'une clinique doit commencer par la formation solide de médecins médicaux. Ceux-ci doivent non seulement savoir utiliser le matériel de dosimétrie, mais aussi bien comprendre comment il fonctionne afin de pouvoir déterminer si les valeurs sont correctes ou non.



« Étant donné que le nombre d'appareils de radiothérapie dans le monde augmente, nous cherchons constamment des moyens d'améliorer notre efficacité et notre processus de travail. »

— David Followill, directeur de l'unité d'imagerie et de radio-oncologie (IROC), Centre d'assurance de la qualité de Houston, Université du Texas

Ils doivent toujours être critiques, vérifier constamment les informations et être disposés à reconnaître toute erreur qu'ils pourraient avoir commise.

Chaque clinique doit avoir du matériel fiable, faisant l'objet d'un étalonnage et d'examen d'assurance de la qualité fréquents, afin d'obtenir des valeurs correctes et cohérentes. Grâce à une formation supplémentaire et à des rapports d'examen par des pairs, les professionnels de santé peuvent mieux comprendre les limitations des ressources et y faire face. C'est seulement ainsi que les cliniques peuvent s'assurer au mieux que les patients reçoivent la dose correcte.

Q : En quoi la coopération internationale, comme celle établie entre l'AIEA et l'IROC Houston, améliore-t-elle la dosimétrie dans le monde ?

R : L'IROC Houston et l'AIEA collaborent depuis le début des années 1980 et sont probablement les deux plus grandes entités qui effectuent des audits. Ensemble, nous contrôlons beaucoup d'établissements dans le monde entier, élaborons des programmes pour les hôpitaux locaux et mettons en commun des techniques et des connaissances sur la meilleure manière de réaliser les audits.

Nous comparons aussi nos mesures de dosimétrie : nous irradiions des dosimètres identiques de nos programmes respectifs pour vérifier que nous obtenons les mêmes mesures de doses. Nous apprenons non seulement l'une de l'autre, mais aussi des résultats reçus des hôpitaux.

Ces échanges nous donnent confiance en notre système et dans le fait que nous diffusons des valeurs correctes et précises. Ils nous permettent aussi de mettre au jour des questions qui n'ont peut-être pas été décelées par le personnel des cliniques. Ainsi, nous améliorons notre capacité à effectuer des audits, comprenons pourquoi les personnes font des erreurs et améliorons l'efficacité de notre travail. Étant donné que le nombre d'appareils de radiothérapie dans le monde augmente, nous cherchons constamment des moyens d'améliorer notre efficacité et notre processus de travail.

Q : Quels progrès sont réalisés en dosimétrie ? Comment voyez-vous l'avenir dans ce domaine ?

R : Des progrès sont faits en permanence, mais ils sont de plus en plus nombreux en ce qui concerne les appareils donnant une vision globale du traitement. En effet, différents appareils de mesure de dose peuvent être utilisés pour vérifier les doses correspondant à une partie ou à l'ensemble du traitement juste avant que celui-ci soit administré. Cette vérification de la dosimétrie dans le cadre de l'assurance de la qualité concerne l'ensemble du processus, de l'imagerie à la radiothérapie. Elle permet de revérifier sur place la dose qui va vraiment être administrée par le système avant d'exposer un patient.

Cependant, il faut toujours s'assurer que les éléments de base d'un programme de radiothérapie sont correctement mis en œuvre. Nous utilisons toujours beaucoup le fantôme d'eau (modèle physique utilisé pour l'étalonnage), la chambre d'ionisation et le système d'électromètre pour effectuer des mesures. En matière d'audits, nous employons encore les méthodes de base, car il nous faut des outils transportables d'une clinique à une autre. Ce type de dosimétrie, qui existe depuis des décennies, est la norme et est largement utilisé.

Une physicienne médicale installe le matériel lors d'un audit sur site dans un centre de protonthérapie.

(Photo : J. Montgomery/Centre de cancérologie MD Anderson)



Lois régissant l'utilisation des rayonnements dans la prise en charge du cancer : un préalable indispensable au traitement

Par Laura Gil



Quand on pense au traitement du cancer, on pense immédiatement aux médecins, aux hôpitaux et aux machines. Mais avant que la première machine puisse être installée et que le premier patient reçoive un traitement, il faut mettre en place la bonne législation et la bonne réglementation. Cela peut nécessiter des années de préparation, et les pays ne doivent pas forcément faire cela seuls : l'AIEA aide des pays du monde entier à élaborer le cadre juridique, y compris les lois sur le nucléaire, nécessaire à l'utilisation sûre et sécurisée des rayonnements pour la prise en charge du cancer.

« Sans loi sur le nucléaire, il est impossible d'avoir un organisme de réglementation », explique Nyane Moeti, juriste au Ministère des affaires étrangères et internationales du Lesotho. « Et sans organisme de réglementation, il est impossible de proposer la médecine nucléaire ou la radiothérapie, et donc de sauver les patients atteints de cancer. »

Le Lesotho a adopté sa première loi sur le nucléaire en 2018, avec l'appui de l'AIEA. Ce petit pays de 2,4 millions d'habitants envoie chaque année une centaine de patients atteints de cancer en Afrique du Sud pour qu'ils y reçoivent un traitement. Maintenant que la nouvelle loi a été adoptée et qu'un organisme de réglementation devrait être en place avant la fin de 2019, les experts travaillent à la construction d'un centre de radiothérapie. Ce centre devrait être opérationnel

dans trois à quatre ans, ce qui permettra à ces patients de se faire soigner près de chez eux.

« Cette loi va aider le Lesotho de nombreuses manières, souligne Nyane Moeti. Elle va nous permettre de couvrir toute la réglementation relative à la radiothérapie et nous aider à fournir des services de radiothérapie conformes aux bonnes pratiques internationales. En outre, maintenant que la loi est adoptée, nous pouvons réglementer l'utilisation des sources de rayonnements dans le domaine de la santé et les autres secteurs, comme l'industrie extractive ou la construction, et ainsi garantir la sûreté des utilisateurs et des endroits où sont menées les activités en question. »

En l'absence de cadre législatif et réglementaire national qui protège les personnes et l'environnement, la vente de sources radioactives au pays concerné par des fournisseurs étrangers est entravée.

« Un cadre législatif et réglementaire adéquat est nécessaire pour garantir l'utilisation sûre de la radiothérapie dans l'intérêt des patients, tout en protégeant les travailleurs », explique Fanny Tonos Paniagua, juriste à l'AIEA.

Les pays doivent élaborer une législation nationale ou réviser leur cadre législatif lorsque celui-ci n'est pas conforme aux normes internationales relatives à la protection des personnes et de l'environnement. La première étape pour ce faire est d'élaborer et d'adopter une loi sur le nucléaire établissant

un système réglementaire de contrôle de l'utilisation de la technologie nucléaire. Une fois cette loi adoptée, il faut créer un cadre réglementaire national, et notamment un organisme de réglementation qui assurera l'élaboration de règlements généraux et techniques et mènera des activités d'inspection et d'application assorties d'un mécanisme d'octroi d'autorisations de sorte à vérifier que le système légal est respecté lors de l'utilisation de sources radioactives dans le pays.

L'AIEA propose une assistance en matière législative pour l'analyse, la révision et la rédaction des lois nationales. « Nous savons d'expérience qu'il faut lancer dès que possible le processus de rédaction des textes de loi nécessaires de sorte à éviter tout retard dans la mise en œuvre des projets nationaux portant sur le traitement du cancer ou d'autres domaines », dit Fanny Tonos Paniagua.

L'assistance de l'AIEA

Au cours des dix dernières années, l'AIEA a fourni une assistance bilatérale en matière législative à 82 pays aux fins de l'adoption ou de la révision de leurs lois sur le nucléaire ; 29 de ces pays sont arrivés au bout du processus et bon nombre des autres en sont aux dernières étapes. L'AIEA fournit par exemple un appui juridique à la Jamaïque depuis 2011.

« Nous avons besoin des bonnes lois, d'abord pour maintenir et faire respecter les normes de sûreté, et ensuite pour réduire autant que possible les risques pour les travailleurs, les patients et l'environnement », indique Erica Boswell-Munroe, ancienne chef adjointe au Conseil parlementaire de la Jamaïque.

En mars 2013, en réponse à une demande du Ministère jamaïcain de la santé, l'AIEA a envoyé sur place une équipe d'experts de la lutte contre le cancer qui était chargée d'effectuer une évaluation approfondie des capacités et des besoins du pays dans ce domaine. Les résultats de cette

mission, que l'on appelle un examen impACT, sont pris en compte dans les initiatives prises par le pays pour mettre en place un programme national complet de lutte contre le cancer comprenant des lois et des règlements.

L'objectif du Ministère jamaïcain de la santé est de poursuivre le développement du programme national de lutte contre le cancer. « Nous sommes conscients de la nécessité d'élargir nos services de prise en charge du cancer, et aussi de la nécessité d'achever l'élaboration des lois et règlements qui doivent les accompagner, déclare Erica Boswell-Munroe. Plus d'une fois, nous avons été dans l'incapacité d'importer des sources de rayonnements parce que nous n'avions pas la législation requise, ce qui nous a empêchés de donner les autorisations nécessaires. »

En 2015, la Jamaïque a adopté la loi sur la sûreté nucléaire et la radioprotection avec l'aide de l'AIEA. Cette loi vise notamment à protéger les personnes contre l'exposition aux rayonnements ionisants et à contrôler les installations qui utilisent ces rayonnements et la technologie nucléaire, et aussi à aider la Jamaïque à respecter ses obligations internationales.

La loi appelle à la création d'un organisme de réglementation national qui sera chargé de délivrer les autorisations et de définir les normes opérationnelles, et aussi de réglementer et de surveiller les activités, les pratiques et les installations qui font appel à des rayonnements ionisants et la technologie nucléaire.

La Jamaïque modernise actuellement son centre de médecine nucléaire à l'Hôpital universitaire des Indes occidentales avec l'aide du programme de coopération technique de l'AIEA. Ce centre devrait être achevé en 2021 et devenir la seule installation publique de médecine nucléaire du pays.

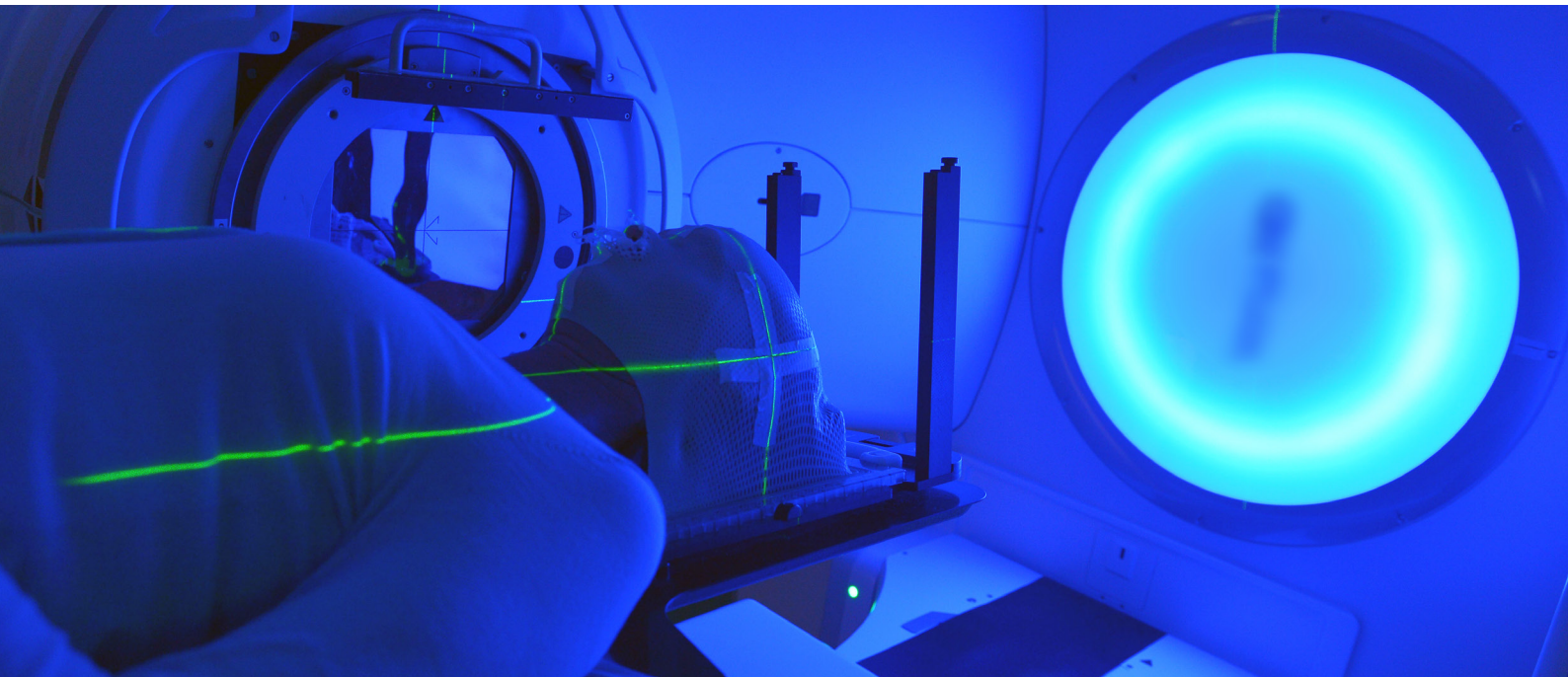


Des délégués du Lesotho ont rencontré des experts de l'AIEA lors d'une réunion de trois jours consacrée à la première installation de prise en charge du cancer du pays. De gauche à droite : Mamasiene Tieho, secrétaire principal pour le Ministère lesothan du tourisme, de l'environnement et de la culture, et Shaukat Abdulrazak, directeur de la Division de l'Afrique du Département de la coopération technique de l'AIEA.

(Photo : J. Howlett/AIEA)

Niger : de la recherche de financement à la première unité de radiothérapie

Par James Howlett



La radiothérapie est une option thérapeutique essentielle pour les patients. Le Niger prévoit de proposer des services de radiothérapie à plus de 600 patients par an.

(Photo : D. Calma/AIEA)

Le Niger parachève actuellement sa première unité de radiothérapie, qui ouvrira au Centre national de lutte contre le cancer, à Niamey, la capitale. Cette ouverture sera l'aboutissement d'un long parcours pour le pays et ses partenaires, dont l'AIEA et la Banque islamique de développement (BID) ; la création d'une nouvelle installation de radiothérapie est pour tout pays une entreprise complexe et de taille, qui requiert beaucoup de ressources humaines et financières. Pour obtenir le financement des donateurs et le soutien nécessaire, il faut établir des documents de faisabilité détaillés susceptibles d'attirer des financements, qui fournissent des informations sur les infrastructures, la formation et le matériel nécessaires pour l'installation de prise en charge du cancer.

« Pour les États Membres, ces documents de projet donnent une vue complète des besoins et des coûts ; pour les donateurs, ils apportent la justification et l'assurance de la faisabilité et de la pérennité de ces installations qui sont requises de toute urgence », explique Lisa Stevens, directrice de la Division du Programme d'action en faveur de la cancérothérapie de l'AIEA.

L'AIEA collabore étroitement avec les gouvernements, dont celui du Niger, à l'élaboration de ces documents de projet qui, une fois établis, peuvent servir à la prise de contacts avec les donateurs potentiels et les institutions de financement.

Les pays doivent relever de nombreux défis en matière de santé et de développement, et l'AIEA est déterminée à appuyer les efforts visant à améliorer l'accès à des services efficaces de lutte contre le cancer dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Pour y parvenir, il importe de travailler avec un large éventail de partenaires internationaux, dont des institutions de financement, afin de mettre en œuvre des solutions innovantes, de mobiliser des ressources et de partager des compétences et des technologies nouvelles pour soutenir au mieux l'utilisation de la technologie nucléaire dans la lutte contre le cancer.

« Il est très difficile pour les pays de répondre au besoin croissant de services de prise en charge du cancer, notamment en Afrique, où les soins sont déjà très limités, mais c'est possible », fait remarquer Shaukat Abdulrazak, directeur de la Division de l'Afrique du Département de la coopération technique de l'AIEA. « La bonne planification, le financement suffisant et la pérennité des nouveaux services de radiothérapie

passent par la volonté et l'engagement des plus hautes sphères des pouvoirs publics. »

Dans l'établissement de documents de projet susceptibles d'attirer des financements aux fins de la création de nouveaux services de soins anticancéreux, l'une des premières étapes est l'analyse de l'infrastructure et des capacités du pays en matière de lutte contre le cancer. À la demande du Ministère nigérien de la santé publique, l'AIEA a procédé en 2010 à un examen imPACT, en coopération avec l'Organisation mondiale de la Santé et le Centre international de recherche sur le cancer. Évaluation complète du système de lutte contre le cancer d'un pays, l'examen imPACT aide les responsables locaux à mieux comprendre la situation en la matière. Les recommandations faites à l'issue de ces examens, précisant les priorités et les interventions fondées sur des données factuelles à mener, contribuent à la planification et à la mise en œuvre des projets de coopération technique de l'AIEA concernant le cancer.

L'examen imPACT effectué au Niger a mis en évidence la nécessité d'élaborer un plan de formation pour les spécialistes du cancer et de créer des services de radiothérapie, qui devraient idéalement être intégrés et coordonnés dans un programme national complet de lutte contre le cancer.

Le Niger collabore avec l'AIEA, l'Organisation de la coopération islamique (OCI) et la BID en vue de lever des fonds pour le développement de ses services de lutte contre le cancer. Cette collaboration s'inscrit dans un cadre de partenariat plus large mis en place en 2012 par ces trois organisations et qui a aussi permis d'organiser un séminaire de haut niveau au cours duquel huit pays, dont le Niger, ont analysé leurs besoins de financement en matière de lutte contre le cancer. Des experts de l'AIEA ont participé à ce séminaire et ont travaillé en étroite collaboration avec le groupe de planification de chaque pays afin d'élaborer des documents de projet susceptibles d'attirer des financements.

« Cet appui de l'AIEA a permis au Niger de présenter à la BID une demande de financement solide fondée sur des données factuelles, qui a abouti à l'octroi d'un financement de 3,46 millions d'euros en novembre 2014. Ces fonds devaient servir à l'acquisition d'un accélérateur linéaire (linac), ainsi qu'à la formation, au Maroc et en Tunisie, d'oncologues médicaux, de radiothérapeutes et de médecins médicaux sur la mise en service de l'unité de radiothérapie que le Gouvernement nigérien a créée avec l'assistance de l'AIEA », explique Mamadou Alpha Bah, chef de l'équipe opérations (santé) à l'antenne régionale de la BID d'Abudja (Nigeria).

En mai 2019, de hauts responsables du Ministère nigérien de la santé publique, de la Haute autorité nigérienne à l'énergie atomique, de la BID et du CNLC ont rencontré une équipe d'experts à l'AIEA pour aborder les dernières étapes avant l'achèvement du centre de radiothérapie et planifier des actions coordonnées à l'appui du lancement du traitement par radiothérapie dans le pays, dans le respect des normes de sûreté de l'AIEA.



Des participants de groupes nationaux de planification de toute l'Afrique travaillent avec des experts de l'AIEA en vue de développer leurs services de lutte contre le cancer.

(Photo : J. Howlett/AIEA)

Le nouveau centre, qu'abritera le CNLC, sera pourvu d'une équipe de spécialistes très bien formés et disposera de deux nouveaux bunkers de radiothérapie pour accueillir un appareil de radiothérapie au cobalt 60 et un linac avancé pour le traitement du cancer. Il disposera aussi, entre autres, d'un scanner simulateur, de dosimètres et d'un système de planification de traitement. Il devrait pouvoir proposer des services de radiothérapie à environ 600 patients du CNLC par an, lesquels viendront du Niger et des pays voisins.

Lisa Stevens explique que l'AIEA et ses partenaires, dont l'OCI et la BID, continueront d'apporter une assistance au Niger en vue d'établir les procédures de contrôle et de gestion de la qualité et pour le lancement des activités cliniques, afin que les services puissent bénéficier aux patients pendant de nombreuses années. Cette assistance inclura, par exemple, une initiative mondiale sur les cancers féminins menée conjointement par l'AIEA, la BID et d'autres partenaires, laquelle vise à contribuer aux efforts déployés dans le monde entier pour sauver des millions de femmes. Plus d'un tiers des activités relevant de cette initiative devraient être mises en œuvre sur le continent africain, et le Niger devrait également en bénéficier. « Alors que les femmes ont de plus en plus besoin de soins de qualité contre le cancer, nous allons travailler ensemble pour faire en sorte que chaque pays et chaque patiente aient accès à des services vitaux », souligne Hayat Sindi, conseillère principale du président chargée de la science, de la technologie et de l'innovation à la BID. « Chaque femme, où qu'elle vive, a le droit d'avoir accès à des services de diagnostic du cancer, et nous sommes fiers de participer à ce projet majeur dans l'ensemble de l'Afrique et du monde en développement. »

Bangladesh : une grande avancée dans la lutte contre le cancer

Par Laura Gil

Chaque année, plus de 500 patients de plus vont pouvoir passer des examens médicaux déterminants grâce à un nouvel appareil d'imagerie nucléaire mis en place au Bangladesh avec l'appui de l'AIEA. Cet appareil est essentiel pour le diagnostic médical nucléaire avancé de maladies telles que le cancer.

« Trois mois d'attente peuvent parfois faire la différence entre la vie et la mort, et c'est ce que doivent endurer des patients qui n'ont pas les moyens de payer des soins de santé privés », explique Kamal Uddin, radio-oncologue et contrepartie de plusieurs projets de coopération technique de l'AIEA au Bangladesh.

Le nouvel appareil de tomographie à émission de positons-tomodensitométrie (PET-CT) permettra de développer la prise en charge des patients dans ce pays. Grâce aux scanners PET-CT, les médecins obtiennent des images de l'intérieur de l'organisme qui leur permettent de diagnostiquer certaines maladies, comme le cancer, et de surveiller l'évolution de l'état des patients au cours du traitement.

Une différence qui permet de sauver des vies

La PET-CT a changé la vie du petit Mahbub Murad. En 2015, il avait trois ans lorsque des médecins de l'Institut national de la médecine nucléaire et des sciences associées (NINMAS), au Bangladesh, ont observé un lymphome sur une image obtenue par PET-CT. Inquiets du stade avancé de la maladie, ils ont

Mahbub Murad et son père, Mohammad Murad, lors d'une visite de suivi pour son lymphome aujourd'hui guéri.

(Photo : L. Gil/AIEA)



commencé à soumettre Mahbub à une chimiothérapie. Après deux séances, ils ont à nouveau utilisé la PET-CT pour évaluer sa réaction au traitement.

« Heureusement, Mahbub s'est rétabli si rapidement que les oncologues ont décidé d'arrêter la chimiothérapie », se souvient Shamim Momtaz Ferdousi Begum, chef du service de PET-CT au NINMAS. « Sur les six séances de chimiothérapie initialement prévues, il n'en a finalement effectué que quatre, ajoute-t-elle. À présent, il est guéri et suivi. »

« Nous étions très inquiets, car nous savions que nous ne pourrions pas payer le traitement », confie Mohammad Murad, le père de Mahbub. « Maintenant, nous venons au NINMAS, où tous les examens sont effectués gratuitement sans que nous devions attendre trop longtemps. Nous n'arrivons pas à y croire. »

La PET-CT n'est qu'un exemple de procédures de médecine nucléaire parmi d'autres. Ces procédures requièrent l'utilisation de médicaments appelés « radiopharmaceutiques », qui contiennent des radio-isotopes médicaux (voir la page 4). De nombreux radio-isotopes sont produits par des cyclotrons, un type d'accélérateur de particules.

Actuellement, le Bangladesh utilise un cyclotron deux fois par semaine dans une clinique privée. C'est la seule source de radiopharmaceutiques du pays pour les centres publics et privés qui effectuent des scanners par PET-CT. Prévue d'ici fin 2019, l'installation d'un nouveau cyclotron au NINMAS permettra de produire des radiopharmaceutiques quatre à cinq jours par semaine.

« Non seulement le nouveau cyclotron améliorera la productivité des appareils de PET-CT existants, mais il permettra également l'installation de nouveaux appareils de PET-CT et, par conséquent, une meilleure prise en charge du cancer dans le pays », explique Enrique Estrada Lobato, médecin spécialiste de médecine nucléaire à l'AIEA.

Moderniser les services de radio-oncologie

Parallèlement à des améliorations apportées en médecine nucléaire, le Bangladesh modernise considérablement ses services de radio-oncologie grâce à un groupe de professionnels qui dispensent sans faire de bruit une formation depuis plusieurs années. Depuis 2012, dans le cadre de 20 programmes nationaux de formation appuyés par le programme de coopération technique de l'AIEA, des radio-oncologues, des physiciens médicaux et des techniciens



(Photo : L. Gil y F. Nessim/AIEA)

en radiologie médicale des secteurs public et privé ont pu suivre des cours avancés.

« Il est utile de savoir que nous faisons les choses comme il faut », déclare Nazmun Naher Shanta, interne en radio-oncologie à l'Institut national de recherche sur le cancer et hôpital (NICRH). « Que des experts de haut niveau de la région vérifient que nous faisons bien notre travail nous donne confiance en nos méthodes et améliore la qualité du traitement administré. »

L'AIEA aide le Bangladesh à renforcer sa lutte contre le cancer depuis plus de 20 ans. Pour ce faire, non seulement elle forme des spécialistes, mais elle fournit des orientations sur la radioprotection et la réglementation, ainsi que des installations et du matériel.

Une dure réalité

Le défi auquel sont confrontés les professionnels du domaine est double : d'une part, il n'y a pas assez de personnel formé, d'autre part, la population ne cesse de croître. Bien que les normes internationales recommandent d'exploiter un appareil de radiothérapie pour un million d'habitants,

le Bangladesh ne possède encore que 24 appareils pour 166 millions d'habitants.

En outre, la plupart des patients se rendent à l'hôpital ou dans un centre de soins lorsque la maladie est à un stade si avancé que, souvent, administrer des soins palliatifs pour atténuer la douleur est la seule possibilité. Cela est dû à un manque d'infrastructures, mais aussi à un manque de sensibilisation. En effet, même s'ils présentent des symptômes, les patients ne s'adressent généralement pas à un centre de soins.

« Si nous essayons de résoudre ces problèmes, en améliorant l'accès aux soins et la sensibilisation, et en formant un plus grand nombre de professionnels du corps médical, la situation aura radicalement changé d'ici dix ans », indique Kamal Uddin. Comme beaucoup d'autres dans ce domaine, Kamal Uddin est convaincu qu'il convient de développer des centres ailleurs que dans la capitale.

« Le Bangladesh dispose de professionnels motivés et dévoués et obtient de plus en plus de matériel », affirme Syahril Syahril, responsable de projet à l'AIEA chargé de la coopération technique avec le Bangladesh. « Bien que des défis se dressent à l'horizon, nous travaillons pour faire en sorte que le pays continue à recevoir l'assistance dont il a besoin grâce à la coopération technique de l'AIEA. »

Gérer la demande toujours croissante de services de cancérologie dans le monde en développement

Par James Howlett



Le premier accélérateur linéaire du Nicaragua reçu et installé grâce au soutien du Japon et de l'AIEA.

(Photo : Centre national de radiothérapie du Nicaragua)

Le cancer n'est pas seulement un problème de santé majeur, il représente aussi un problème de développement croissant, qui a de graves conséquences sur le bien-être national et les budgets des gouvernements alloués à la santé. Le Centre international de recherche sur le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé estime à 1 160 milliards de dollars É.-U. le coût économique total annuel du cancer en 2010. On s'attend à ce que ce chiffre continue d'augmenter, car les personnes atteintes d'un cancer sont de plus en plus nombreuses chaque année : en 2018, on dénombrait dans le monde plus de 18 millions de cas de cancer, qui ont causé le décès de 9,6 millions de patients. On prévoit que d'ici 2030, il y aura 24 millions de malades et le nombre de décès s'élèvera à 13 millions.

De nombreux pays à revenu faible et intermédiaire ne sont pas en mesure de proposer des services suffisants de diagnostic et de traitement du cancer et doivent envoyer les patients se soigner à l'étranger, ce qui coûte cher et peut être une charge pour les patients et leurs familles. La mise en place de services nationaux de soins oncologiques, par exemple des installations de radiothérapie et des services de médecine nucléaire, est une entreprise complexe qui requiert une planification rigoureuse de la mise en place d'une infrastructure, de matériel et d'une formation très spécialisés, ainsi que la mobilisation de fonds.

L'AIEA apporte depuis longtemps son aide aux pays en ce qui concerne l'utilisation de la technologie nucléaire pour améliorer la santé. Dans le domaine du cancer, elle a permis d'assurer le transfert de la technologie et de renforcer les capacités humaines et institutionnelles en matière de

diagnostic et de traitement du cancer à l'aide de la technologie des rayonnements. Grâce à son programme de coopération technique, elle a formé plus de 2 000 professionnels de santé et fourni plus de 172 millions d'euros depuis 2011 pour aider les pays à mettre en place des services nationaux de soins oncologiques. Sur la seule année 2019, elle a soutenu plus de 125 projets portant sur le cancer dans le monde entier.

« Notre but est de travailler avec les États Membres, en particulier les pays à revenu faible et intermédiaire, pour construire et renforcer leurs capacités en matière de lutte contre le cancer, afin que plus de patients puissent recevoir un traitement sûr et efficace », déclare Dazhu Yang, directeur général adjoint de l'AIEA chargé de la coopération technique.

L'appui de l'AIEA dans ce domaine comprend une formation spécialisée visant à renforcer les ressources humaines et des conseils d'experts à toutes les étapes du processus, ainsi que les outils, le matériel et les équipements nécessaires pour que l'installation soit opérationnelle et les services puissent être fournis.

Il est possible d'observer les effets de cet appui dans des pays comme Sri Lanka, qui collabore avec l'AIEA depuis plus de 40 ans en vue d'améliorer ses services de soins oncologiques. Au cours des huit dernières années, par exemple, cette collaboration a permis d'améliorer les capacités en matière d'imagerie nucléaire grâce à des spécialistes très bien formés qui fournissent des services de diagnostic à Sri Lanka.

Dans le centre du pays, un service de médecine nucléaire entièrement équipé a été créé dans la ville de Kandy, en

complément d'une installation similaire située à Galle, dans le sud du pays. Une nouvelle installation est également mise en place dans le nord, près de Jaffna. En octobre 2019, Sri Lanka devrait accueillir une mission d'examen imPACT de l'AIEA, au cours de laquelle les experts évalueront les progrès réalisés par le pays et aideront à établir des plans concernant les activités à mener pour lutter contre le cancer.

Planification, financement, collaboration

De nombreux pays travaillent avec l'AIEA en vue de recevoir de l'aide pour planifier, lever des fonds et renforcer les collaborations dans les domaines prioritaires de la lutte contre le cancer. L'AIEA aide à organiser et à faciliter le dialogue avec les donateurs, les banques de développement et les institutions financières.

Le Nicaragua, par exemple, a inauguré en mai 2019, au Centre national de radiothérapie, son premier accélérateur linéaire (ou linac), appareil de radiothérapie avancée, en étroite collaboration avec le Ministère de la santé et avec l'appui financier bilatéral du Japon. L'AIEA a appuyé la formation spécialisée du personnel à l'utilisation du nouveau système afin d'assurer une bonne transition entre les pratiques cliniques existantes et la dernière génération de radiothérapie 3D, et de permettre ainsi d'améliorer la sûreté et la qualité du traitement. Cela marque une étape importante pour les services de cancérologie du pays et permettra de mettre en œuvre des techniques de radiothérapie très spécialisées.

De la même manière, en Mongolie, les services de radiothérapie ont été améliorés et deux linacs ont été mis en service en juin 2019. Les systèmes d'assurance de la qualité visant à assurer que les patients reçoivent les doses de rayonnements correctes ont été renforcés, et de nouvelles technologies et un système de sûreté radiologique destinés aux services de radiothérapie ont également été mis en place. En outre, en 2016, des donateurs ont participé au financement d'un système moderne de diagnostic et de traitement du cancer, et la formation dispensée grâce à l'assistance de l'AIEA aide à mettre en place la radiothérapie 3D, technique très précise, et d'autres techniques modernes dans le pays.

Tandis que les pays préparent la mise en service de leurs nouvelles installations, l'AIEA propose, en partenariat avec les principales institutions médicales internationales, des formations spécialisées et des bourses qui aident à assurer que les services de soins oncologiques disposent d'un nombre suffisant de collaborateurs bien formés, comme des oncologues, des radiologues et des physiciens médicaux.

Former les professionnels

« Pour constituer un groupe national de professionnels de santé compétents, formés et prêts à utiliser de nouvelles installations, il faut planifier soigneusement un appui, qui commence souvent plusieurs années plus tôt », explique Fatima Hagggar, oncologue médicale à l'Hôpital

de la mère et de l'enfant de N'Djamena, capitale du Tchad. « Notre nouveau centre ouvrira dans trois ans environ, et il faudra du temps pour que tout le personnel nécessaire acquière les compétences requises. »

Le Tchad a récemment élaboré un document sur la planification et le financement afin d'intégrer sa première installation de radiothérapie dans son programme national de lutte contre le cancer 2017-2021. L'AIEA apporte une assistance au pays en ce qui concerne la formation du personnel en aidant le gouvernement à financer les bourses de longue et de courte durée et en donnant des conseils et des avis spécialisés.

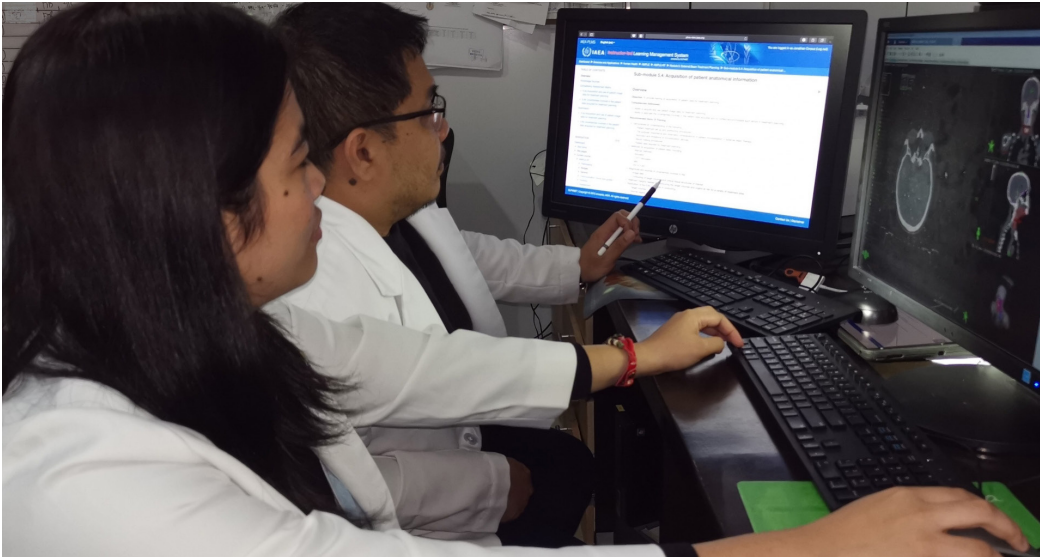
Étant donné la taille et la complexité des installations de traitement du cancer, des progrès ne pourront être accomplis qu'avec l'étroite participation des gouvernements nationaux et la coopération d'un large éventail de parties prenantes. Les gouvernements doivent définir le cancer comme une priorité nationale en matière de santé pour s'assurer que des actions visant à faire face au fardeau du cancer sur place sont prises à tous les niveaux (plans sanitaires nationaux, budget alloué à la santé, développement de l'infrastructure, financement et renforcement des capacités).

Dans un pays comme la Sierra Leone, le fait que le problème du cancer soit reconnu au plus haut niveau du gouvernement signifie que le pays est en bonne voie de réaliser des progrès dans la lutte contre le cancer à l'échelle nationale.

« Notre président a conscience que le cancer représente un lourd fardeau pour le pays », déclare Frank Kosia, radiologue et coordonnateur pour le Ministère sierra-léonais de la santé et de l'assainissement. « Son projet phare est de rendre accessible la radiothérapie d'ici 2023. » L'AIEA travaille avec le Gouvernement sierra-léonais en vue de la réalisation de cet objectif, en aidant à la mise en place de la radiothérapie et d'installations de médecine nucléaire à l'hôpital de Lakka, qui sera agrandi pour abriter ces services.

Technologie mobile et en ligne : une nouvelle façon d'aborder les soins et la formation en matière de cancer

Par Joanne Liou



(Photo: J. Corpuz/Centre médical du Sud des Philippines)

Grâce à l'omniprésence des téléphones portables et de l'accès à Internet, nous obtenons bien plus facilement des informations, car nous disposons d'une mine de renseignements dans un gadget compact toujours à portée de main. Depuis plus de dix ans, les applications mobiles simplifient vraiment notre quotidien, et elles arrivent maintenant dans le monde des soins oncologiques.

« L'AIEA a de plus en plus recours aux technologies de l'information et aux technologies mobiles pour offrir des formations innovantes, avec un bon rapport coût-efficacité, partout dans le monde », affirme May Abdel-Wahab, directrice de la Division de la santé humaine de l'AIEA. « En mettant au point des outils et des services économes en ressources, nous nous affranchissons des contraintes géographiques, financières ou liées aux ressources, et nous pouvons donc continuer d'aider les pays en matière de développement professionnel pour ce qui est des soins oncologiques au niveau mondial. »

Alors que les technologies continuent de transformer nos vies et la société, le recours accru aux applications mobiles, aux plateformes de formation en ligne et aux outils fondés sur les technologies de l'information et de la communication influe sur les soins oncologiques, que ce soit pour l'aide à l'interprétation des examens d'imagerie diagnostique, pour la formation des praticiens ou pour l'appui aux décisions concernant les traitements. Nous présentons ci-dessous quelques-unes des applications et formations en ligne gratuites de l'AIEA.

Applications de stadification du cancer : TNM et FIGO

L'application mobile TNM Cancer Staging fournit aux médecins des informations qui les aident à déterminer le traitement requis et le pronostic des patients atteints de cancer, à partir de l'étendue de la tumeur (T), de la propagation des nœuds lymphatiques (N) et de la présence de métastases (M), à savoir la croissance de cellules cancéreuses en dehors du site primaire. Le système de stadification TNM est une norme reconnue qui permet de consigner l'étendue anatomique de la maladie. Régulièrement actualisé, ce système de classification a été mis au point par l'Union internationale contre le cancer (UICC) et est également utilisé par le Comité mixte américain sur le cancer (AJCC) et la Fédération internationale de gynécologie et d'obstétrique (FIGO).

L'application, que l'AIEA a mise au point en coopération avec le Tata Memorial Centre (Inde) et l'Institut indien des sciences médicales (AIIMS), recense 65 types de cancer et couvre plus de 100 types de tumeurs. « Cette application condense un ouvrage de 1 000 pages, qu'elle met dans les mains des patients, des médecins et des praticiens », explique Diana Paez, chef de la Section de la médecine nucléaire et de l'imagerie diagnostique à l'AIEA. En saisissant des informations sur le patient, par exemple la taille de la masse ou la présence ou l'absence de nœuds lymphatiques, les utilisateurs reçoivent des indications qui les aident à déterminer le traitement à envisager.

« Les ouvrages qui contiennent ce genre d'informations coûtent cher et on ne les a pas toujours sous la main au chevet du patient », fait remarquer Palak Bhavesh Popat, radiologue à l'hôpital Tata Memorial, en Inde. « Le fait qu'il soit possible de consulter cette application gratuite sans être connecté, sur le téléphone, même dans des endroits reculés, la rend encore plus utile. »

Cette application a été téléchargée plus de 52 000 fois depuis son lancement en 2015.

En 2016, l'AIEA a lancé une application similaire spécialement destinée aux cancers gynécologiques, appelée FIGO Gyn Cancer Management, qu'elle a mise au point en partenariat avec le Tata Memorial Centre et l'AIIMS et en coopération avec la FIGO. Téléchargée près de 10 000 fois, cette application permet d'évaluer l'étendue du cancer dans les organes reproducteurs de la femme aux fins de la stadification et de la prise en charge des cancers gynécologiques. En avril 2019, les fonctionnalités de stadification et de prise en charge ont été actualisées de manière à fournir des informations sur le cancer du col de l'utérus.

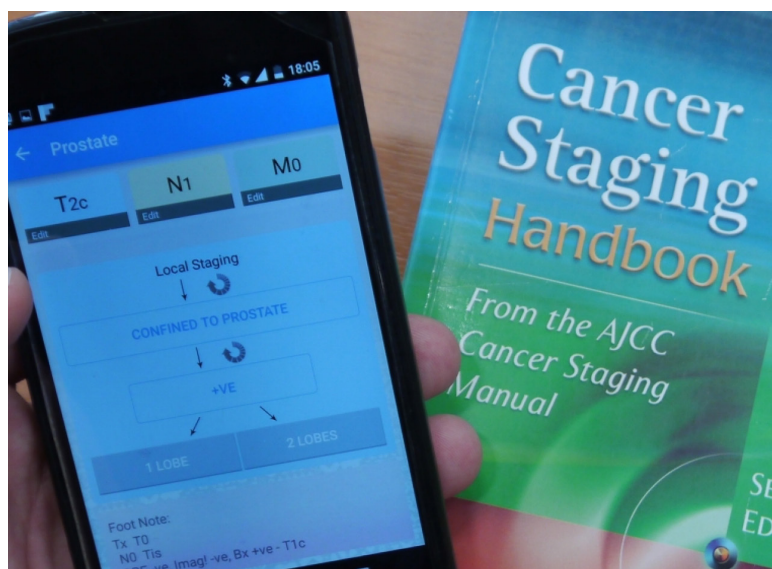
De nouvelles versions des applications TNM et FIGO, fondées sur les nouvelles données cliniques, sont attendues en octobre 2020. C'est au Brésil, aux États-Unis, en Inde, au Japon, au Mexique et en Thaïlande que ces deux applications, disponibles sur les appareils Android et Apple, ont été le plus téléchargées.

« Ces applications, fruits de la coopération entre l'AIEA et des organisations professionnelles, sont un moyen de donner gratuitement accès à du contenu scientifique de haut niveau », explique Diana Paez. « Malgré un budget limité, ces outils mobiles nous ont permis d'accroître notre impact et d'élargir la portée de notre action », poursuit-elle.

Outils de téléformation et de formation en ligne

Avant de mettre au point des applications, l'AIEA s'était lancée dans un vaste projet de création de modules de formation à distance dans le domaine de la médecine nucléaire. Elle s'est engagée sur cette voie dans les années 1990, en fournissant différents outils de téléformation, d'abord sous la forme de CD et de DVD puis au moyen de la plateforme de formation assistée en ligne (DATOL), accessible depuis 2009. Elle actualise régulièrement le contenu de cette plateforme, qui reste ainsi pertinent et conforme aux dernières évolutions dans le domaine.

La plateforme DATOL propose des formations sur 39 sujets, qui représentent environ 900 heures d'étude, et offre la possibilité de passer une évaluation et d'obtenir une certification officielle. L'apprenant qui s'y consacre à temps partiel peut achever le programme en deux à trois ans. L'accréditation est délivrée par un organisme reconnu au niveau national lorsque le programme DATOL est mis en



L'application mobile TNM Cancer Staging

(Photo : V. Fournier/AIEA)

œuvre localement avec les supports pédagogiques élaborés par les experts de l'AIEA et avec l'aide et sous la supervision de l'AIEA.

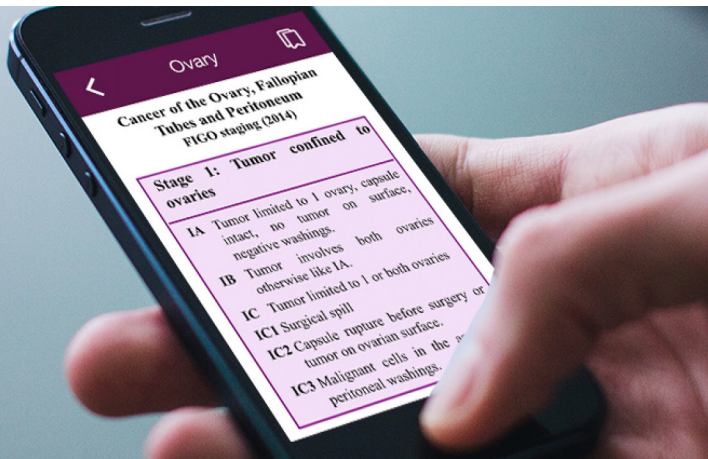
« Par le passé, les techniciens en médecine nucléaire étaient formés sur le tas, sans enseignement formel », explique Diana Paez. « La plateforme DATOL aide les personnes intéressées à suivre un programme de formation structuré en offrant un contact avec des tuteurs locaux et en donnant accès à des exposés, à des études de cas et à des évaluations. »

Environ 700 professionnels de plus de 30 pays d'Afrique, d'Amérique latine, d'Asie et d'Europe ont suivi tout le programme. L'Argentine, la Colombie et la Thaïlande ont adopté ce programme, disponible en anglais et en espagnol, comme outil de formation officiel pour les techniciens en médecine nucléaire.

Développement des ressources en ligne

L'AIEA a continué d'étoffer son offre avec des outils de formation en ligne qui contribuent à promouvoir ses publications et ses ressources. « Notre approche s'inscrit dans le prolongement de notre travail et le complète ; elle consiste à partir des lignes directrices publiées par l'AIEA et à les diffuser au moyen de cours lors desquels nous mettons au point les supports qui serviront pour la formation en ligne », explique Giorgia Loreti, administratrice chargée de la formation en physique médicale à l'AIEA. L'AIEA crée des cours en ligne pour faciliter l'accès aux bonnes pratiques en matière d'applications cliniques de la médecine radiologique, par exemple dans le domaine de la physique médicale.

« Nous passons beaucoup de temps à tester les modules de formation en ligne et à en contrôler la qualité de manière approfondie avant de les diffuser », souligne Giorgia Loreti. « La formation en ligne est un outil souple qui permet un apprentissage accessible et structuré, que l'apprenant



L'application mobile FIGO Gyn Cancer Management

(Photo : V. Fournier/AIEA)

effectuée à son rythme. Elle ajoute de la valeur à l'expérience d'apprentissage en la rendant interactive. »

Par exemple, pour compléter sa publication intitulée *Introduction of Image Guided Radiotherapy into Clinical Practice*, parue en 2019, l'AIEA a créé un cours en ligne à partir d'une formation donnée conjointement avec le Centre international de physique théorique (CIPT). Ce cours, destiné aux étudiants de troisième cycle en physique médicale et aux professionnels dans ce domaine, compte huit modules avec des vidéos, des diapositives et des tests d'autoévaluation, qui donnent une vue d'ensemble des principes de physique et des technologies qui entrent en jeu dans la radiothérapie guidée par l'imagerie.

« Nous savons que les étudiants qui suivent les cours en ligne n'ont pas accès aux sessions pratiques organisées

dans les formations classiques en physique médicale ni aux échanges avec les enseignants », dit Giorgia Loreti. « Nous avons spécialement mis au point des autoévaluations qui permettent à l'étudiant d'être certain d'avoir bien compris les sujets avant de passer au module suivant. »

Complément à la formation

Après le succès de l'AMPLE, environnement d'apprentissage avancé pour physiciens nucléaires de la région Asie et Pacifique, l'AIEA travaille à la création d'un outil similaire destiné aux radio-oncologues. La plateforme de formation avancée à l'intention des radio-oncologues (AROLE), dont la mise en service est prévue en 2020, complètera la formation des internes là où l'accès aux experts et aux ressources pédagogiques est restreint.

« Nous sommes manifestement face à une pénurie de radio-oncologues, surtout dans les pays à faible revenu. La capacité de formation de radio-oncologues est actuellement très faible et l'expertise est limitée. Il faut donc que les étudiants soient formés plus efficacement et que des experts puissent leur apporter leur appui sans avoir à faire de longs voyages », explique Ben Prajogi, administrateur associé chargé de la formation à la Section de la radiobiologie appliquée et de la radiothérapie de l'AIEA. « En collaboration avec des établissements universitaires et des associations professionnelles, nous donnerons accès à des ressources didactiques de qualité afin de contribuer à la mise en œuvre d'un programme mondial fondé sur les compétences. »

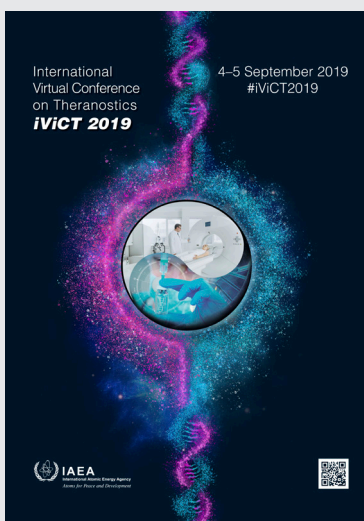
Pour accéder aux cours en ligne gratuits de l'AIEA, l'utilisateur a besoin d'un accès à Internet, d'un navigateur et d'un compte Nucleus, qu'il peut créer à l'adresse nucleus.iaea.org.

Première conférence virtuelle de l'AIEA

Trouver de nouveaux moyens d'exploiter la puissance des technologies de l'information et de la communication aide à élargir la portée des sciences et applications nucléaires. En septembre 2019, l'AIEA a organisé sa première conférence virtuelle : la Conférence virtuelle internationale sur la théranostique (iViCT 2019). La théranostique est une branche de la médecine qui combine les applications diagnostiques et thérapeutiques des radiopharmaceutiques afin de diagnostiquer et de traiter le cancer (plus d'informations en page 8).

Pour cette conférence, on a tiré parti de plusieurs plateformes en ligne afin de mettre en relation des experts de la médecine nucléaire avec un public mondial. Des présentations interactives de tableaux cliniques et une table ronde internationale ont complété les exposés sur le cancer de la prostate, les tumeurs neuroendocriniennes et des patients atteints d'un cancer différencié de la thyroïde. Les participants ont pu interagir grâce à l'application mobile de l'AIEA, au mot-dièse officiel de la conférence #iViCT et à WhatsApp, et l'outil WebEx a permis la tenue des séances de questions-réponses.

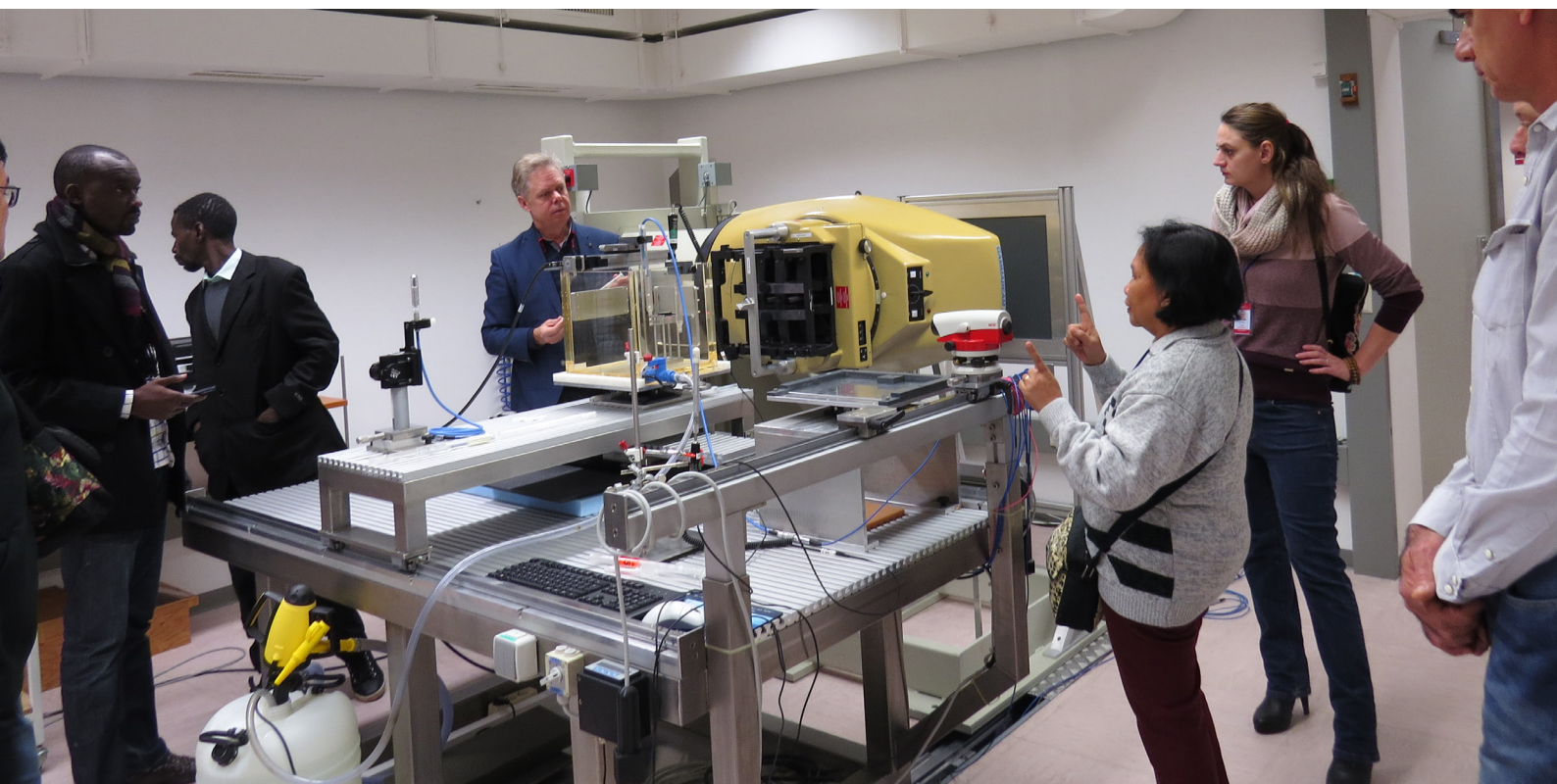
« La conférence virtuelle est une plateforme et un moyen qui nous donne l'occasion d'élargir sensiblement la portée des sciences et des applications nucléaires ; elle nous permet d'appuyer la formation médicale continue et nous aide à utiliser au mieux les ressources disponibles », se félicite Diana Paez. La conférence a été diffusée en direct à deux moments différents, afin de pouvoir être suivie dans différents fuseaux horaires, et les enregistrements ont ensuite été mis en ligne.



Une dosimétrie précise pour un traitement du cancer de qualité

Le Réseau AIEA/OMS de laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie

Par Aabha Dixit



Le Laboratoire de dosimétrie de l'AIEA dispense une formation pratique sur la réalisation d'étalonnages précis aux fins de la dosimétrie. (Photo : P.Toroi/AIEA)

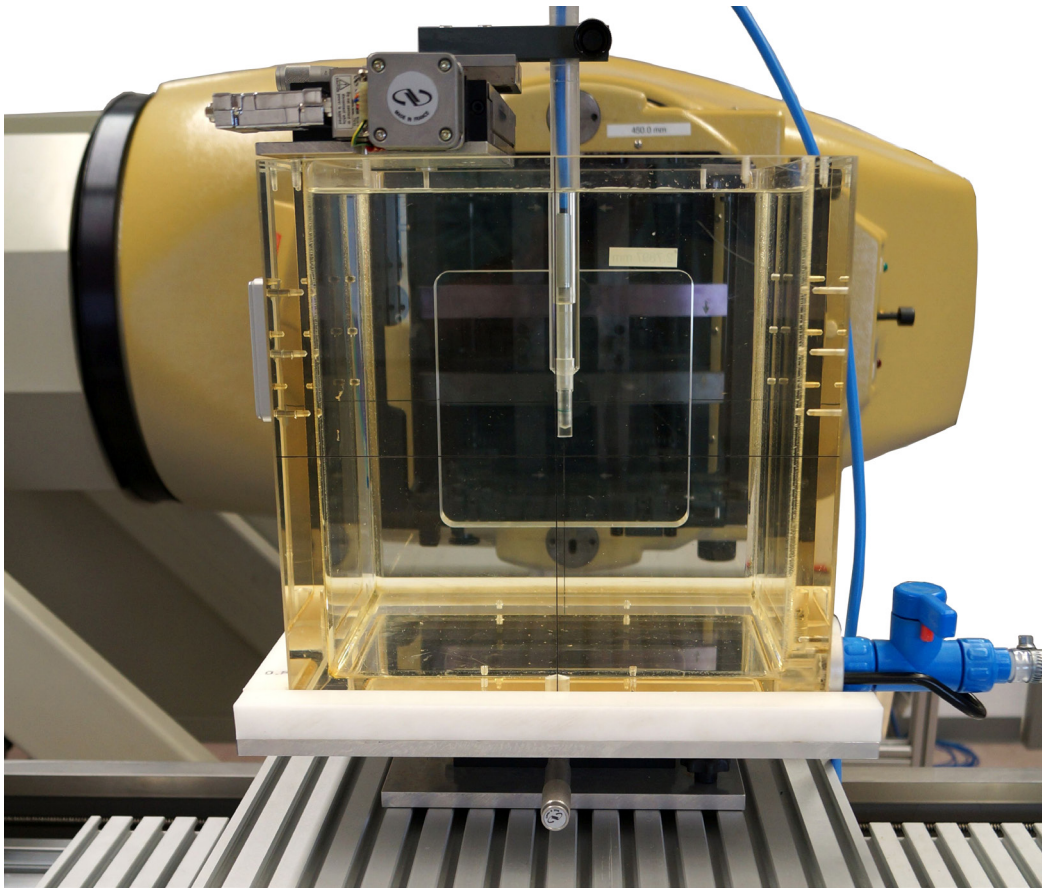
Plus de la moitié des personnes atteintes du cancer ont besoin d'une radiothérapie à un moment ou à un autre du traitement. Tout écart, ne serait-ce que de 5 %, par rapport à la dose de rayonnement voulue peut avoir une grande incidence sur les résultats du traitement. Pour que les doses de rayonnement administrées aux patients soient extrêmement précises, il faut donc que le matériel de mesure soit paramétré et manipulé correctement.

« La précision de la dosimétrie est une composante essentielle de la radiothérapie », affirme Zakithi LM Msimang, directeur de la section des rayonnements ionisants à l'Institut national de métrologie d'Afrique du Sud. « Si la dose de rayonnement est trop faible, la guérison peut être compromise ; en revanche, si elle est trop élevée, il peut y avoir des effets secondaires néfastes. »

On mesure les doses de rayonnement au moyen d'appareils de mesure spécialement conçus : les dosimètres. Ils sont essentiels pour assurer la précision de la dosimétrie (science

de la mesure, du calcul et de l'évaluation des doses de rayonnement). Pour que la dosimétrie soit précise, il est nécessaire d'étalonner régulièrement le matériel de mesure. Pour ce faire, on contrôle les résultats donnés par les appareils à l'aide d'étalons de référence nationaux par les laboratoires d'étalonnage nationaux, comme les laboratoires secondaires d'étalonnage pour la dosimétrie (LSED). Ces étalons de référence permettent une traçabilité au Système international d'unités (SI).

« Comme les rayonnements sont invisibles, nous devons nous assurer que le matériel de mesure fonctionne correctement », explique Paula Toroi, radiophysicienne médicale et responsable des LSED à l'AIEA. « Les niveaux de dose prescrits en radiothérapie sont habituellement fondés sur des études et des recommandations internationales. Pour avoir la certitude que les doses définies dans ces recommandations et celles mesurées ensuite à l'hôpital sont bien comparables, le matériel de dosimétrie doit être étalonné et les méthodes de mesure doivent être harmonisées. Les LSED effectuent cet étalonnage du matériel de dosimétrie et rattachent les mesures



**Système d'étalonnage
appliqué à un dosimètre de
radiothérapie.**

(Photo : AIEA)

aux normes internationales harmonisées en matière de dosimétrie. »

Le Réseau de LSED a été mis en place par l'AIEA et l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) pour aider les pays à améliorer la précision de la dosimétrie. Il rassemble 86 LSED situés dans 73 pays, qui effectuent l'étalonnage de dosimètres. L'objectif du Réseau AIEA/OMS de LSED est d'améliorer la précision et l'uniformité de la dosimétrie des rayonnements et de favoriser la coopération internationale en la matière.

« Dans ce domaine, la formation et la mise en commun des compétences sont primordiales, car la technologie évolue très rapidement », indique Zakithi LM Msimang. « Certains pays en développement commencent tout juste à mettre en place leurs laboratoires nationaux d'étalonnage, et le Réseau de LSED leur fournit précisément l'appui nécessaire », ajoute-t-il.

Le Laboratoire de dosimétrie de l'AIEA, à Seibersdorf (Autriche), occupe une place centrale dans le Réseau de LSED. Les étalons de mesure de différents pays y sont étalonnés gratuitement. C'est notamment le cas pour les pays qui n'ont pas d'accès direct aux laboratoires primaires d'étalonnage en dosimétrie, c'est-à-dire les laboratoires qui définissent les quantités utilisées pour la mesure des doses de rayonnement.

En juin 2019, le Laboratoire de dosimétrie de l'AIEA a inauguré une nouvelle installation dotée d'un accélérateur linéaire (linac), destinée à renforcer les services de dosimétrie et de sûreté radiologique dans le monde entier, ainsi qu'à appuyer la recherche portant sur les nouveaux codes de bonnes pratiques en dosimétrie. Les linacs sont des appareils qui produisent des faisceaux de rayons X ou d'électrons de haute énergie à partir d'électricité. Ils sont le plus souvent utilisés pour le traitement du cancer.

« Avec le nouveau linac, l'AIEA sera en mesure de répondre à la demande croissante de ses États Membres, notamment en ce qui concerne l'étalonnage direct des dosimètres des LSED », déclare May Abdel-Wahab, directrice de la Division de la santé humaine de l'AIEA. « Cela nous aidera à améliorer les services de vérification proposés pour plus de 3 400 linacs médicaux installés dans des hôpitaux de pays à revenu faible et intermédiaire », poursuit-elle.

Outre ces services d'étalonnage, le Laboratoire de dosimétrie de l'AIEA participe à d'autres activités visant à promouvoir la précision de la dosimétrie dans le monde, par exemple des comparaisons et des vérifications de doses qui permettent aux LSED et aux hôpitaux de s'assurer qu'ils effectuent correctement les étalonnages et les mesures. En outre, le laboratoire dispense une formation et mène des travaux de recherche-développement en dosimétrie et en radiophysique médicale.

Lutte contre le cancer : donnons un rôle plus important aux rayonnements

Par Mack Roach III

Un nombre des travaux de recherche consacrés à l'oncologie et au cancer sont financés par des organismes publics, tels que les Instituts nationaux de la santé de l'Institut national du cancer, aux États-Unis, et par des entreprises pharmaceutiques et de biotechnologie. Ces travaux sont souvent axés sur la mise au point de nouveaux médicaments pour la chimiothérapie. On utilise généralement des chimiothérapies différentes pour différents types de cancer. Par exemple, on a recours au cisplatine pour les cancers de la tête, du cou et du poumon, à diverses formes d'hormonothérapie pour le cancer de la prostate et au témozolomide pour les tumeurs du cerveau. Les rayonnements, en revanche, peuvent traiter la plupart des tumeurs solides.

La radiothérapie offre le champ d'action le plus large contre des cancers très variés. On l'utilise pour traiter le cancer depuis plus de 100 ans, et son rapport coût-efficacité est excellent. En effet, une fois acheté, le matériel peut produire autant de rayonnements que nécessaire, et l'on paie alors essentiellement l'électricité et la maintenance. Par conséquent, plus on utilise la machine, plus le traitement par patient a un bon rapport coût-efficacité. Contrairement aux médicaments qui sont consommés par chaque patient et qu'il est impossible de réutiliser, le faisceau de rayonnements peut être utilisé encore et encore. En outre, la radiothérapie peut se substituer à la chirurgie, surtout lorsque celle-ci nuit fortement à la qualité de vie, comme cela peut être le cas, par exemple, pour le cancer du larynx ou le cancer de l'anus. Le large champ d'action, la possibilité de fournir des traitements en continu et la longue durée de vie (plus de dix ans) des appareils expliquent que la radiothérapie soit aussi intéressante sur le plan financier.

Complétant la versatilité thérapeutique de la médecine radiologique, la médecine nucléaire facilite la détection de très petits amas de cellules cancéreuses, ce qui permet une meilleure stadification du cancer et un meilleur ciblage de la tumeur. Du fait de ces caractéristiques, la médecine radiologique et la médecine nucléaire sont essentielles pour assurer la qualité des soins oncologiques. Un certain nombre d'organisations internationales, dont l'AIEA et l'Organisation mondiale de la Santé, jouent aujourd'hui un rôle clé

s'agissant de faciliter l'adoption de ces méthodes thérapeutiques dans les approches oncologiques standard au niveau mondial, laquelle aide les patients dans les pays en développement à bénéficier d'un traitement efficace qui peut allonger l'espérance de vie et sauver des vies.



Mack Roach III MD, chercheur, Société américaine de radio-oncologie et Collège américain de radiologie, Centre de cancérologie de la famille Helen Diller de l'Université de Californie San Francisco

Futures options thérapeutiques fondées sur les rayonnements

De nombreuses études, menées sur les animaux ou sur l'homme, ont montré le potentiel qu'offrait les rayonnements s'agissant de stimuler le système immunitaire de manière inédite et ciblée. En outre, de nouvelles données enthousiasmantes donnent à penser que d'autres avancées extrêmement prometteuses concernant des « nuances » de l'application traditionnelle des rayonnements offrent un grand potentiel. Celles-ci sont actuellement à l'étude. Ces approches « nuancées », telles que le rayonnement « flash », les micro-faisceaux, les mini-faisceaux et le rayonnement corpusculaire, pourraient déboucher sur des traitements moins toxiques, bien moins coûteux et plus efficaces, et avoir de profondes répercussions sur la prise en charge du cancer dans le monde entier, notamment dans les pays en développement.

Bien qu'elles soient déjà très rentables et essentielles pour traiter les cancers les plus courants aujourd'hui, la médecine radiologique et la médecine nucléaire joueront selon moi un rôle encore plus important à l'avenir. Ces modalités laissent entrevoir un avenir très positif, et leurs « invisibilité » et efficacité à distance font d'elles le phénomène le plus proche de la « magie » que je verrai de mon vivant !

Dix ans de lutte contre le cancer

Par Cary Adams

La dernière décennie restera gravée dans les mémoires comme celle au cours de laquelle le cancer et les autres maladies non transmissibles (MNT) ont été reconnus comme problème de santé et de développement mondial : trois réunions de haut niveau ont été tenues, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a publié un nouveau plan d'action mondial pour la lutte contre les MNT, tous les pays sont convenus de cibles visant à réduire la mortalité prématurée de 25 % d'ici à 2025, l'Assemblée mondiale de la Santé a adopté une nouvelle résolution sur la lutte contre le cancer en 2017 et les MNT ont été intégrées dans les objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies. C'était une décennie d'accords et d'engagements.



Cary Adams, Directeur exécutif,
Union internationale contre
le cancer (UICC)

Ces résultats ne sont pas le fruit du hasard. L'Union internationale contre le cancer (UICC) a contribué de manière décisive à faire du cancer un élément central d'un mouvement préconisant d'élever la lutte contre les MNT au rang de priorité mondiale. Elle a collaboré avec l'AIEA et d'autres partenaires clés pour diriger et soutenir cette campagne mondiale. En 2009, avec la Fédération mondiale du cœur et la Fédération internationale du diabète, elle a fondé l'Alliance sur les MNT autour d'objectifs simples : promouvoir la tenue d'une réunion de haut niveau des Nations Unies sur les MNT et garantir la prise en compte des MNT dans les ODD. L'Alliance n'a pas tout de suite fait l'unanimité, certains

estimant que le fait de regrouper les MNT sur la base de facteurs de risque communs n'offrirait que peu d'influence sur le plan politique. Néanmoins, elle s'est forgé une crédibilité dans le système des Nations Unies et, en collaboration avec un groupe de pays déterminés, a fait campagne pour une réunion de haut niveau, qui a été organisée en 2011 et a conduit à l'adoption du plan d'action mondial de l'OMS pour la lutte contre les MNT et des neuf cibles auxquelles nous aspirons pour 2025. D'autres réunions de haut niveau ont été tenues en 2014 et en 2018, au cours desquelles les pays se sont engagés à élaborer et à mettre en œuvre des plans d'action. Les MNT sont intégrées dans l'ODD 3, qui comporte une cible visant à réduire d'un tiers le nombre de morts prématurées dues à des MNT d'ici à 2030. Jamais on n'avait vu un tel engagement, sous l'égide des Nations Unies, à lutter contre un ensemble de maladies susceptibles de toucher n'importe qui partout dans le monde.

En parallèle, l'UICC, ses membres et ses partenaires ont plaidé pour la mise en œuvre d'une action spécifique contre le cancer et ses facteurs de risque particuliers. La Liste modèle des médicaments essentiels de l'OMS a été entièrement actualisée en 2017 et, la même année, l'OMS a fait paraître une nouvelle publication sur les dispositifs médicaux prioritaires pour la prise en charge du cancer (*WHO list of priority medical devices for cancer management*), dans laquelle elle expose les technologies essentielles qui devraient être en place dans tous les pays pour garantir une prise en charge efficace du cancer.

L'AIEA est aussi un partenaire décisif de l'UICC ; sa participation à la lutte contre le cancer a aidé à faire largement comprendre la nécessité d'équilibrer les investissements dans la prévention et dans l'accès à un traitement et à des soins palliatifs et la place centrale que les services et les soins multidisciplinaires occupent dans les programmes relatifs au cancer. Elle a également aidé les décideurs au niveau national à comprendre les coûts

initiaux liés au développement de services de radiothérapie pour ce qui est du retour sur investissement.

Alors que nous arrivons à la fin de cette décennie, il est naturel que nous nous demandions si les accords et les engagements pris au niveau mondial ont eu un effet notable sur la vie des personnes atteintes d'un cancer partout dans le monde.

La réponse est « oui », d'après les résultats de l'examen global des plans nationaux de lutte contre le cancer et des plans relatifs aux MNT réalisé par l'UICC en collaboration avec le Partenariat international de lutte contre le cancer¹. Le pourcentage de pays dotés de plans nationaux de lutte contre le cancer a augmenté au cours de la dernière décennie, passant de 66 % en 2013 à 81 % en 2017. Certes, nombre de ces plans ne sont toujours pas pleinement financés, et on peut s'interroger sur leur degré de mise en œuvre, mais étant donné que l'UICC considère la volonté politique et l'existence d'un plan comme les conditions préalables à la lutte contre le cancer dans un pays, nous devrions puiser du réconfort dans les éléments qui suggèrent que nous progressons de manière notable. On peut voir que les pays qui bénéficient d'un appui politique et ont publié un plan national de lutte contre le cancer financé s'emploient à réduire l'exposition de leur population aux facteurs de risque, par exemple en appliquant des lois antitabac plus strictes, en assurant le dépistage des cancers les plus courants dans l'ensemble de la population et en veillant à ce que les filles soient vaccinées contre le papillomavirus humain. L'augmentation du nombre de plans indique donc que le cancer est pris en compte plus sérieusement aujourd'hui qu'au début de la décennie.

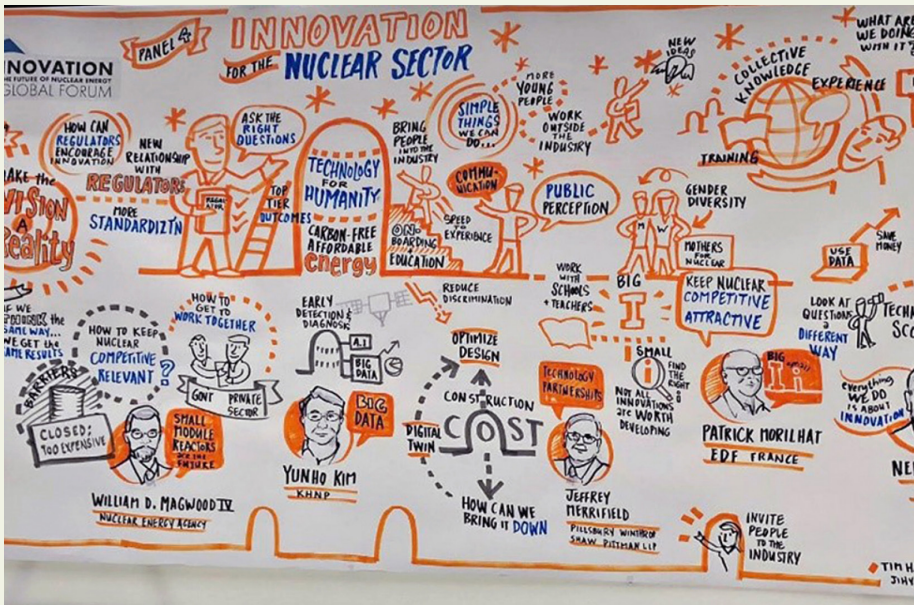
Cependant, il reste beaucoup à faire pour que soit accordée à la lutte contre le cancer une place plus importante dans le système de santé publique mondial. De nombreux pays signataires de la Convention-cadre de l'OMS pour la lutte antitabac n'ont toujours pas augmenté sensiblement le prix des paquets de cigarettes. Le cancer du col de l'utérus reste l'une

des principales causes de décès chez les femmes dans les pays à revenu faible et intermédiaire ; c'est pourquoi l'UICC s'est associée à l'OMS pour relancer les efforts visant à éliminer ce cancer pour les futures générations de femmes et de filles. Par ailleurs, si la liste des médicaments essentiels de l'OMS continue d'être actualisée en permanence, de nombreux pays ne disposent pas du personnel qualifié nécessaire pour garantir que les personnes qui en ont besoin peuvent obtenir facilement des médicaments de qualité. En outre, il existe encore des disparités énormes et évitables dans l'accès à des antidouleurs, des millions de patients souffrant de douleurs modérées à intenses dues au cancer n'ayant pas accès à des analgésiques opioïdes. Ce sont là des problèmes considérables, mais pas insurmontables.

À l'aube d'une nouvelle décennie, nous devrions nous réjouir de tout ce que nous avons accompli au cours des dix dernières années, encourager tous les pays à renforcer leur capacité à faire face à la charge croissante du cancer et les guider dans cette entreprise. Pour mettre à profit la dynamique actuelle, les militants doivent mobiliser sans tarder d'autres groupes de la société civile et d'autres organisations des secteurs public et privé afin d'amener des changements durables bénéfiques pour la santé et le bien-être de la population mondiale.

¹Romero Y., Trapani D., Johnson S., Tittenbrun Z., Given L., Hohman K., Stevens L., Torode J.S., Boniol M., Ilbawi A.M. 2018. 'National cancer control plans : a global analysis.' *Lancet Oncology* 19(10) : e546–e555.

Les chefs de file du nucléaire d'aujourd'hui et de demain lancent un appel à l'innovation



Plus de 250 chefs de file de l'industrie nucléaire, responsables de la réglementation, chercheurs, représentants de gouvernements et fournisseurs de technologie ont lancé un « appel à l'action » en vue d'accélérer le recours à des solutions innovantes pour entretenir et faire avancer le parc de centrales nucléaires de production d'électricité (CNPE) en exploitation dans le monde. Cet « appel à l'action » met l'accent sur les quatre innovations choisies par les participants au Forum mondial sur l'innovation au service de l'avenir de l'énergie nucléaire, co-organisé par l'AIEA, qui s'est tenu du 10 au 12 juin à Gyeongju, en République de Corée.

L'objectif principal du forum était de répondre aux défis les plus pressants auxquels fait face le secteur nucléaire et d'analyser les obstacles et les occasions à saisir en ce qui concerne le déploiement de solutions innovantes, sur le plan des technologies ou des processus, pour maintenir, voire améliorer, la sûreté nucléaire tout en réduisant les coûts. Pour ce faire, les participants ont mis en avant 28 innovations relatives à divers aspects de l'exploitation du parc actuel de centrales nucléaires. Quatre d'entre elles ressortaient tout particulièrement, à savoir :

1. le jumelage numérique (la recréation virtuelle d'un processus dans un modèle informatisé) pour améliorer la performance des centrales nucléaires et réduire les coûts ;

2. les technologies de fabrication de pointe, notamment l'impression 3D, pour résoudre les difficultés de la chaîne logistique ;
3. l'apprentissage automatique pour faire un meilleur usage des mégadonnées déjà disponibles dans le secteur électronucléaire, en vue d'optimiser la maintenance ;
4. le recours à des structures d'échange d'informations plus innovantes pour partager les données relatives à la recherche-développement, à l'exploitation et à la maintenance.

Cet « appel à l'action » sert de base à l'élaboration de mesures concrètes destinées à être déployées et mises en œuvre au-delà du forum.

Le forum était organisé conjointement par l'AIEA, l'Institut de recherche sur l'énergie électrique (EPRI), le Laboratoire nucléaire national (NNL) britannique, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE/AEN) et la Compagnie coréenne d'énergie hydroélectrique et nucléaire (KHNP). Cette dernière a accueilli le forum.

« Le secteur nucléaire constitue une composante essentielle du bouquet énergétique mondial, en particulier dans la réponse au changement climatique, puisqu'il s'agit d'une source d'énergie sans émissions de carbone », explique Neil Wilhurst, vice-président et responsable du nucléaire à l'EPRI. « Ce forum unique en son genre a été l'occasion de donner la priorité aux

innovations d'importance cruciale dont le secteur nucléaire a besoin, de mieux comprendre quels sont les obstacles et de s'engager à travailler ensemble pour les surmonter. »

Les participants au forum, qu'il s'agisse de jeunes professionnels ou de chefs de file du secteur, étaient guidés par un esprit de collaboration et de promotion du changement, et par le désir de bousculer les habitudes et de faire la différence au sein de leurs organismes respectifs, mais aussi dans l'ensemble du secteur nucléaire. Les séances ont porté notamment sur les difficultés rencontrées par l'innovation dans le secteur nucléaire d'aujourd'hui et sur certaines réussites exemplaires en matière d'innovation nucléaire. Une table ronde réunissant des responsables de la réglementation, modérée par William D. Magwood, IV, directeur général de l'OCDE/AEN, a permis d'entendre les points de vue de chefs de file du domaine.

« Le soutien effectif de la jeune génération de professionnels du nucléaire, travaillant de concert avec leur hiérarchie, est un signal enthousiasmant qui atteste que l'innovation sera portée par le dynamisme et l'engagement des leaders d'aujourd'hui et de ceux de demain », affirme Ed Bradley, chef d'équipe chargé de l'exploitation des centrales nucléaires et de l'appui technique au Département de l'énergie nucléaire de l'AIEA.

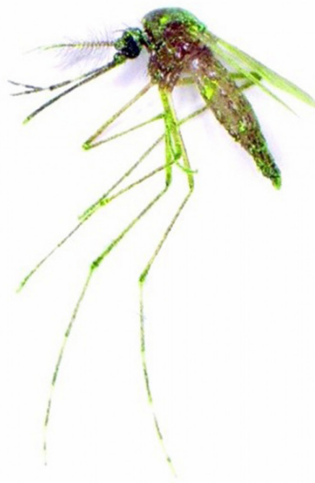
Joan Knight, directrice de l'innovation chez Exelon, qui présidait une séance de débats au forum, ajoute : « Je suis très heureuse de prendre part à une initiative qui renforce et fait progresser les pratiques innovantes dans l'ensemble du secteur nucléaire, et d'aider à façonner des attitudes qui appuient ce type d'activités. »

Le forum, facilité par des réunions sur l'innovation tenues à Vienne en 2018 et en 2019, était le premier de ce genre à réunir les institutions co-organisatrices. Des forums similaires devraient avoir lieu à l'avenir. Ils serviront de plateformes pour échanger sur les progrès réalisés dans les initiatives concernées, relever de nouveaux défis, renforcer la collaboration et nouer de nouveaux partenariats.

« Nous nous réjouissons d'accueillir le prochain Forum mondial en 2020 », déclare Rob Whittleston, vice-président du NNL, au cours de la cérémonie de clôture.

— Par Marianne Nari Fisher et Vincent Roué

Chine : éradication de populations de moustiques grâce à une étude pilote utilisant une technique nucléaire



***Aedes albopictus* est l'espèce de moustique la plus invasive au monde. Un essai pilote de lutte contre cet insecte ravageur récemment achevé a donné des résultats positifs, qui ont été publiés dans la revue *Nature* le 17 juillet 2019**

(Photo : N. Culbert/AIEA)

Pour la première fois, des populations de moustiques ont pu être éradiquées grâce à la combinaison de la technique de l'insecte stérile (TIS) et de la technique de l'insecte incompatible (TII). C'est une avancée prometteuse dans la lutte contre les moustiques vecteurs de la dengue, du virus Zika et de bien d'autres maladies dévastatrices. Les résultats du récent essai pilote mené à Guangzhou (Canton), en Chine, avec l'appui de l'AIEA et en coopération avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), ont été publiés dans la revue *Nature* le 17 juillet 2019.

La TIS est une méthode écologique de lutte contre les insectes ravageurs qui consiste à élever en masse et à stériliser par rayonnement une espèce ciblée avant de procéder au lâcher systématique des mâles stériles par voie aérienne dans des zones définies. Les mâles stériles s'accouplent alors avec les femelles sauvages sans engendrer de descendance, ce qui entraîne une diminution de la population de ce ravageur au fil du temps. La TII, quant à elle, consiste à exposer les moustiques à la bactérie *Wolbachia*. Comme cette bactérie stérilise partiellement les moustiques, moins de rayonnement est nécessaire pour les stériliser complètement. Cette technique aide notamment à préserver la compétitivité des mâles stériles en matière d'accouplement.

Dans le cadre de stratégies de lutte contre les insectes à l'échelle d'une zone, la TIS avait déjà fonctionné pour lutter contre certaines espèces de ravageurs de plantes et d'animaux d'élevage,

comme la mouche des fruits et la pyrale. Cependant, son efficacité dans la lutte contre les moustiques n'avait pas encore été démontrée.

Pour pouvoir appliquer la TIS à grande échelle contre diverses espèces de moustiques, il a fallu surmonter plusieurs défis techniques liés à la production et au lâcher d'un nombre de mâles stériles suffisant pour venir à bout de la population sauvage fertile. Avec l'aide de la division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture, qui dirige et coordonne la recherche mondiale sur la TIS, des chercheurs de l'université Sun Yat-sen et les partenaires de celle-ci, en Chine, ont aujourd'hui trouvé des solutions.

Par exemple, les chercheurs ont utilisé des supports construits selon des modèles mis au point dans les laboratoires de la Division mixte FAO/AIEA, près de Vienne (Autriche), pour élever plus de 500 000 moustiques par semaine. De plus, les chercheurs et la division ont travaillé en étroite collaboration pour mettre au point et valider un irradiateur spécial destiné à stériliser jusqu'à 150 000 pupes de moustiques à la fois.

Lors de cet essai pilote, la combinaison de la TIS et de la TII a permis la quasi-éradication de populations de l'espèce de moustique la plus invasive au monde : *Aedes albopictus* ou moustique tigre asiatique. L'essai, qui s'est déroulé sur deux ans (2016-2017), a été mené dans une zone de 32,5 hectares sur deux îles relativement isolées de la rivière des Perles, à Guangzhou. Environ 200 millions

de moustiques mâles adultes élevés en masse et irradiés ont été exposés à la bactérie *Wolbachia* puis lâchés.

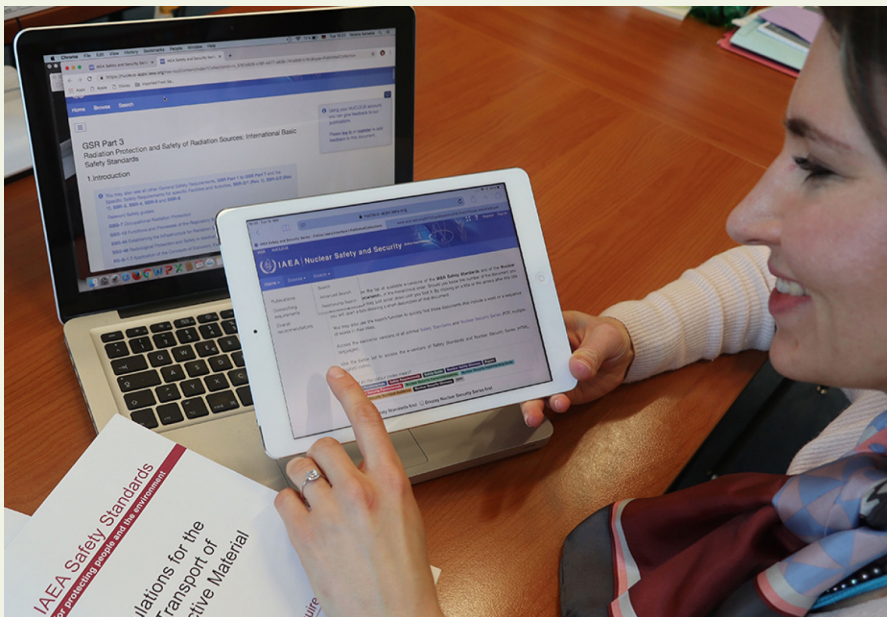
Cette étude a également montré l'importance de facteurs socio-économiques sur l'utilisation réussie de la méthode TII-TIS. Par exemple, l'acceptation par la société n'a cessé d'augmenter au cours de l'étude. Les communautés locales ont montré un soutien croissant après les lâchers de moustiques et la diminution des piqûres désagréables qui en a résulté. Afin que la méthode combinant TII et TIS donne les résultats escomptés, la communauté locale doit y adhérer et apporter sa collaboration. Ainsi, la méthode pourra être utilisée de manière cohérente et intégrée dans toute la zone pour lutter efficacement contre ces insectes. La rentabilité entre également en ligne de compte : le coût total d'une intervention opérationnelle variant entre 108 \$ et 163 \$ É.-U. par hectare et par an, le rapport coût-efficacité de cette méthode est meilleur que celui d'autres stratégies de lutte contre ces espèces.

« En Chine, des experts prévoient de tester bientôt cette technique dans de plus grandes zones urbaines en utilisant des moustiques mâles stériles provenant d'un centre d'élevage de masse à Guangzhou », déclare Zhiyong Xi, directeur du centre commun de contrôle des vecteurs de maladies tropicales à l'université Sun Yat-sen et à l'université d'État du Michigan et professeur dans cette dernière université, aux États-Unis. L'exploitant du centre utilise du matériel d'élevage en masse et d'irradiation avancé qui a été mis au point en collaboration avec la Division mixte FAO/AIEA.

À la suite de l'épidémie de maladie à virus Zika en 2015-2016, la coopération mondiale pour le développement de la TIS dans la lutte contre les moustiques s'est intensifiée. L'incidence de la dengue est en hausse. En effet, le nombre de cas signalés à l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) est passé de 2,2 millions en 2010 à 3,3 millions en 2016. L'incidence réelle est bien plus élevée et, selon une estimation de l'OMS, il y aurait 390 millions de nouvelles infections chaque année.

— Par Miklos Gaspar

Un outil en ligne pour parcourir l'ensemble des publications de l'AIEA sur la sûreté et la sécurité



(Photo : P. Shaw/AIEA)

Les collections Normes de sûreté et Sécurité nucléaire de l'AIEA comprennent plus de 150 publications, avec de nombreux renvois des unes aux autres. Beaucoup de domaines importants sont couverts par plus d'une publication. Afin de faciliter la recherche exhaustive d'informations au sein de cette vaste ressource, l'AIEA a conçu un outil de recherche avancé, l'Interface utilisateur en ligne sur la sûreté et la sécurité nucléaires (NSS-OUI), qui offre différentes manières de parcourir ces publications et d'y effectuer des recherches de façon systématique.

Les collections Normes de sûreté et Sécurité nucléaire fournissent aux autorités ainsi qu'aux parties prenantes concernées des recommandations visant à améliorer la sûreté et la sécurité des technologies nucléaires. Elles couvrent les activités liées aux installations nucléaires et aux applications des sources de rayonnements dans les domaines de la médecine, de l'industrie, de l'agriculture et de la recherche. Le contenu des publications est élaboré par l'AIEA, en étroite coopération avec des gouvernements et des organisations du monde entier. Les publications font périodiquement l'objet d'une révision et d'une actualisation. Les deux séries de publications sont classées hiérarchiquement : les Fondements de sûreté et les Fondements de la sécurité nucléaire s'appliquent à toutes les activités, tandis que les publications de niveau inférieur fournissent des recommandations plus spécifiques.

« La NSS-OUI est une composante essentielle du travail mené par l'AIEA pour aider les pays à mettre en application ces publications », déclare Gustavo Caruso, directeur du Bureau de la coordination de la sûreté et de la sécurité de l'AIEA. « C'est la seule plateforme permettant d'accéder en même temps à l'ensemble de ces publications. De plus, elle met en évidence les liens qui existent entre les publications de niveau supérieur, qui définissent les conditions à remplir, et les publications d'ordre plus pratique, qui expliquent la comment y parvenir », poursuit-il.

En plus de permettre aux utilisateurs d'effectuer des recherches par mots-clés donnés ou par fragments de texte, la NSS-OUI offre un outil de recherche sémantique avancé. Ainsi, les utilisateurs peuvent retrouver rapidement des prescriptions, des recommandations ou des orientations particulières relatives à certains domaines ou concepts.

« L'interface permet également une révision plus efficace des publications par les experts », déclare Gustavo Caruso. « C'est la seule manière de garantir la cohérence lors de l'établissement de nouvelles normes ou de la révision de normes existantes », ajoute-t-il. « L'outil comprend un mécanisme permettant de recueillir un retour d'information auprès des utilisateurs autorisés, ce qui nous aide à établir un lien entre les connaissances nouvelles et les contenus existants. Cela permet aussi une révision efficace, centrée sur des sujets transversaux plutôt que sur des publications isolées. »

Plusieurs centaines d'utilisateurs se servent régulièrement de la plateforme. Parmi eux, on trouve les membres des Comités des normes de sûreté, de la Commission des normes de sûreté et des Comités des orientations sur la sécurité nucléaire. Depuis le début de l'année, plus de 1 500 nouveaux utilisateurs se sont servi de la NSS-OUI, après que des formations ont été données dans plusieurs pays.

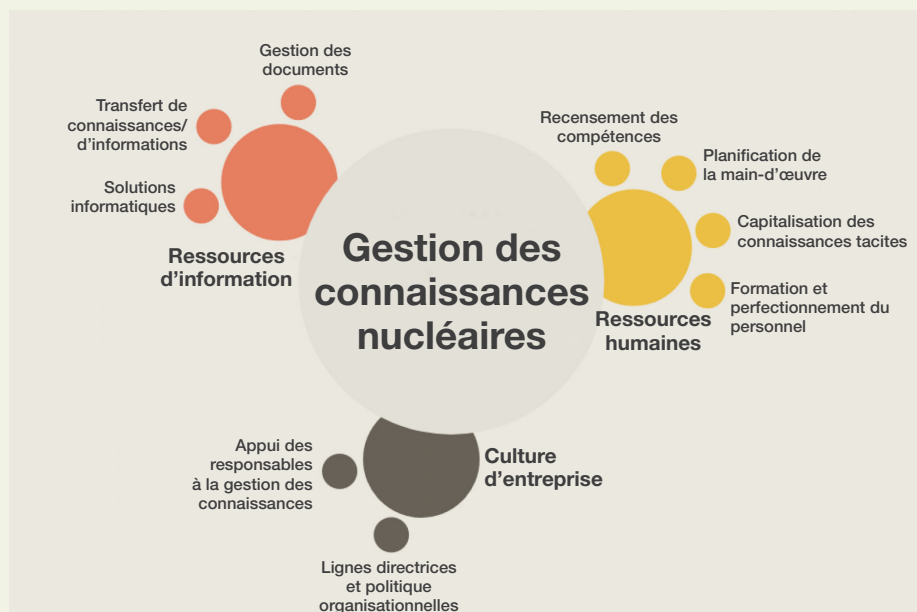
« Cette interface fait gagner énormément de temps. Il s'agit d'un moteur de recherche unique, spécialement conçu pour faciliter l'accès au contenu des collections de sûreté et sécurité nucléaires de l'AIEA », explique Fiona Charalambous, sous-directrice et chercheuse principale chargée de l'évaluation et du conseil à l'Agence australienne pour la protection radiologique et la sûreté nucléaire. « Cet outil me permet de repérer rapidement des domaines d'intérêt dans différents corpus, des normes aux rapports techniques, parmi bien d'autres. Je peux ainsi découvrir de manière efficace des références croisées qui peuvent être utiles dans mon travail. Par exemple, je peux utiliser des mots-clés de recherche dans un contexte déterminé et comparer les résultats obtenus à la fois dans les normes, les guides, les recommandations et les rapports techniques ».

La NSS-OUI fournit des informations à jour sur les publications connexes et sur les références qui ont été remplacées à la suite d'actualisations. Le système propose également des renvois et des liens vers d'autres publications pertinentes de l'AIEA, par exemple dans la collection Documents techniques. Pour faire en sorte que tout terme spécial employé soit correctement compris, les normes nouvellement ajoutées comporteront des liens vers les définitions de ces termes dans le Glossaire de sûreté de l'AIEA.

« Sans cette interface, vous risquez de vous perdre dans la masse de documents que comprennent les collections Normes de sûreté et Sécurité nucléaire de l'AIEA. Grâce à elle, vous trouverez les informations dont vous avez besoin », déclare Gustavo Caruso. « Ainsi, la NSS-OUI contribue à la sûreté et à la sécurité nucléaires dans le monde. »

— Par Nathalie Mikhailova

Plus de 700 professionnels formés dans le cadre de l'École de gestion des connaissances nucléaires de l'AIEA



Une formation théorique et pratique est indispensable pour préparer la prochaine génération de professionnels du secteur nucléaire à la gestion de programmes électronucléaires complexes. Il est essentiel d'aider les autorités nationales, en particulier dans les pays en développement, à acquérir et à gérer ces connaissances pour assurer la pérennité de l'électronucléaire. La fin de la 15^e session de l'École conjointe CIPT-AIEA de gestion des connaissances nucléaires, le 9 août, a marqué une étape importante pour l'AIEA : plus de 700 jeunes professionnels avaient alors été formés depuis la création de l'École de gestion des connaissances nucléaires en 2004.

À ce jour, des professionnels de plus de 80 pays ont bénéficié de la formation de l'École, organisée conjointement par le Centre international Abdus Salam de physique théorique (CIPT) et l'AIEA. Il s'agit d'une formation théorique et pratique spécialisée dans l'élaboration et la mise en œuvre de programmes de gestion des connaissances nucléaires dans des organismes scientifiques et technologiques dans le domaine. Les sujets abordés sont notamment la mise en valeur des ressources humaines, l'élaboration de politiques et de stratégies de gestion des connaissances nucléaires, la gestion des ressources d'information dans le domaine nucléaire, le risque d'érosion des connaissances et le transfert des connaissances.

« La technologie nucléaire est complexe et multidisciplinaire. En vue

d'assurer la sûreté, chaque pays est tenu de créer des connaissances et des compétences techniques appropriées dans ses organisations nucléaires, mais aussi d'entretenir ces connaissances et d'assurer leur disponibilité », explique Wei Huang, directeur de la Division de la planification, de l'information et de la gestion des connaissances. « L'AIEA a tenu compte des appels de ses États Membres au début des années 2000 et a mis en place un programme de gestion des connaissances. »

Ces dernières années, la gestion des connaissances nucléaires est devenue de plus en plus importante dans le secteur. Cela s'explique par les difficultés liées aux besoins de création de capacités, le vieillissement de la main-d'œuvre et le nombre décroissant d'étudiants inscrits dans des filières scientifiques et d'ingénierie, mais aussi par le fait qu'il est essentiel d'avoir un programme de gestion des connaissances efficace pour développer une culture de sûreté durable.

« Nous aidons notre organisation à recenser, à transférer, à préserver et à diffuser des connaissances essentielles, en particulier car nous devons faire face au vieillissement de notre personnel et à son départ à la retraite », déclare Belgica Villalobos, chef du développement organisationnel des ressources humaines à la Commission chilienne de l'énergie nucléaire (CCHEN). « Grâce à ce que j'ai appris à la session de l'École de 2011, j'ai pu mettre en place un système interne de

gestion des connaissances nucléaires à la CCHEN. »

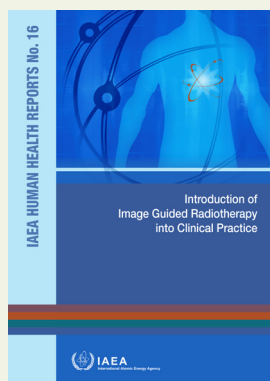
Selon Wei Huang, il est essentiel de créer des capacités par une formation théorique et pratique, ainsi que d'améliorer l'accès aux connaissances existantes grâce à des méthodes de partage et de mise en commun. La gestion des connaissances nucléaires a une incidence directe sur les ressources humaines, mais aussi sur les technologies de l'information et de la communication, les processus et les systèmes de gestion des documents. L'aptitude à gérer ces connaissances, actuellement et à l'avenir, peut avoir une influence considérable sur les stratégies nationales et organisationnelles relatives à la sûreté nucléaire.

Lesego Moloko, chercheur principal à la South African Nuclear Energy Corporation (Necsa), souligne l'importance de l'École : « Je recommanderais sans hésiter aux scientifiques, aux responsables et aux spécialistes des RH de participer à l'École pour qu'ils puissent mettre en place les mécanismes de transfert des connaissances nécessaires. Après que j'ai moi-même suivi cette formation, la Necsa a créé un bureau spécial chargé de veiller à la mise en œuvre des programmes de gestion des connaissances en science et technologie nucléaires au sein de la compagnie. »

« En raison des demandes croissantes des États Membres, nous envisageons d'organiser l'an prochain beaucoup d'autres sessions de l'École. C'est pourquoi nous avons élaboré un nouveau programme et un nouveau modèle standardisés », explique Maria Elena Urso, spécialiste de la gestion des connaissances à l'AIEA et secrétaire scientifique de l'École. Le programme comprend des cours en ligne et des cours classiques en classe.

« Toutes les sessions de l'École ont pour objectif d'encourager les participants à penser à l'avenir et à mettre en application, directement sur leur lieu de travail, leurs acquis théoriques sur la gestion des connaissances », ajoute-t-elle.

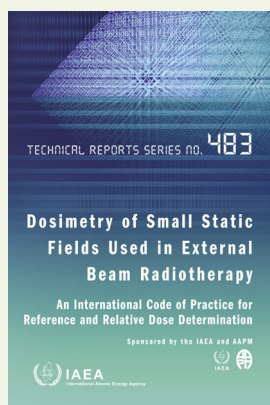
— Par Shant Krikorian



Introduction de la radiothérapie guidée par l'imagerie dans la pratique clinique

La publication intitulée *Introduction of Image Guided Radiotherapy into Clinical Practice* contient des lignes directrices et met en lumière les grandes étapes que les services de radiothérapie doivent accomplir pour commencer à utiliser la radiothérapie guidée par l'imagerie de manière sûre et efficace. Parmi les avancées récentes en radiothérapie externe figure la technologie permettant d'obtenir une image du patient dans la salle de traitement au moment où celui-ci est administré. Cette technologie et les techniques d'imagerie connexes (désignées par le terme « radiothérapie guidée par l'imagerie ») étant à la pointe du développement dans le domaine de la radiothérapie, la publication aborde les préoccupations du personnel des services de radiothérapie concernant les ressources nécessaires et les conditions préalables à l'introduction de la radiothérapie guidée par l'imagerie. Elle présente également des données actuelles en faveur de l'utilisation de la radiothérapie guidée par l'imagerie compte tenu des résultats obtenus chez les patients.

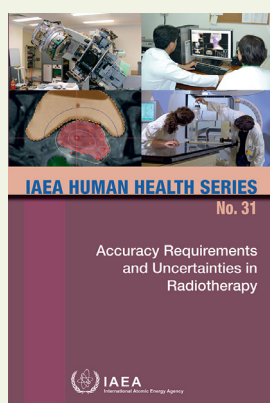
IAEA Human Health Reports No. 16, ISBN : 978-92-0-103218-8 ; 31,00 euros ; 2019 (en anglais)
www.iaea.org/publications/12264/image-guided-radiotherapy



Dosimétrie de petits champs statiques pour la radiothérapie externe

La publication intitulée *Dosimetry of Small Static Fields Used in External Beam Radiotherapy* fournit des normes dosimétriques de référence homogènes et conformes aux étalons métrologiques primaires, et permet de suivre des procédures communes à l'échelle d'un pays. Elle donne un aperçu des principes physiques de la dosimétrie puis présente les normes dosimétriques de référence pour les petits champs statiques. Pour des appareils cliniques utilisant de petits champs statiques, elle fournit également des lignes directrices relatives à l'application pratique de la dosimétrie au moyen de détecteurs et de méthodes appropriés permettant de déterminer les facteurs de sortie des champs. Ce code de pratique a été élaboré par un groupe de travail international créé conjointement par l'AIEA et l'Association américaine des physiciens en médecine. Des lignes directrices harmonisées au niveau international permettront une cohérence à l'échelle mondiale dans les doses administrées aux patients en radiothérapie et contribueront à normaliser les doses dans les études d'essai clinique internationales, grâce à la comparaison des résultats de diverses modalités de traitement par radiothérapie utilisant de petits champs statiques.

Technical Reports Series No. 483 ; ISBN : 978-92-0-105916-1 ; 52,00 euros ; 2017 (en anglais)
www.iaea.org/publications/11075/dosimetry-of-small-static-fields



Exigences en matière de précision et incertitudes en radiothérapie

La publication intitulée *Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy* est un document international adopté par consensus sur les exigences en matière de précision et les incertitudes en radiothérapie, dont l'objectif est de favoriser des traitements plus sûrs et plus efficaces pour le patient. Elle est consacrée à des questions de précision et d'incertitudes qui se posent dans la grande majorité des services de radiothérapie, notamment en radiothérapie externe et en curiethérapie. Elle porte sur des aspects cliniques, radiobiologiques, dosimétriques, techniques et physiques.

IAEA Human Health Series No. 31, ISBN : 978-92-0-100815-2 ; 76,00 euros ; 2016 (en anglais)
www.iaea.org/publications/10668/accuracy-requirements-and-uncertainties-in-radiotherapy

Pour obtenir de plus amples informations ou commander une publication, veuillez écrire à l'adresse suivante :

Unité de la promotion et de la vente

Agence internationale de l'énergie atomique

Centre international de Vienne

B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

Mél. : sales.publications@iaea.org

Conférence internationale sur les réacteurs de recherche :

défis à relever et occasions à saisir pour garantir l'efficacité et la durabilité

25-29 novembre 2019, Buenos Aires (Argentine)



Organisée par



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

Accueillie par le Gouvernement argentin,



par l'intermédiaire de la Commission nationale de l'énergie atomique (CNEA)

Lisez cette publication et d'autres numéros du Bulletin de l'AIEA en ligne sur
www.iaea.org/bulletin

Pour de plus amples informations sur l'AIEA et les travaux qu'elle mène,
rendez-vous sur le site

www.iaea.org

ou suivez-nous sur

