

# IAEA BULLETIN

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

La publication phare de l'AIEA | Mars 2018

Version numérique :  
[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)



## L'ATOME POUR LA PAIX ET LE DÉVELOPPEMENT

Santé



Alimentation et agriculture



Environnement



Eau



Énergie



Industrie



**IAEA**

International Atomic Energy Agency  
*Atoms for Peace and Development*

Et aussi :  
**Infos AIEA**



### Le Bulletin de l'AIEA

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  
iaeabulletin@iaea.org

Éditeur : Miklos Gaspar  
Conception et production : Ritu Kenn

Le Bulletin de l'AIEA est disponible à l'adresse suivante :

[www.iaea.org/bulletin](http://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'AIEA, l'autorisation de reproduction, sauf à des fins de recension, doit être sollicitée auprès de l'auteur ou de l'organisation d'origine.

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

Couverture : R. Kenn/AIEA

Suivez-nous sur :



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

Les normes de sûreté de l'AIEA 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'AIEA 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'AIEA sont multiples et font intervenir un large éventail de partenaires au niveau national, régional et international. Les programmes et les budgets de l'AIEA sont établis sur la base des décisions de ses organes directeurs – le Conseil des gouverneurs, qui compte 35 membres, et la Conférence générale, qui réunit tous les États Membres.

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

# L'atome pour la paix et le développement : vers la réalisation des objectifs de développement durable

Par Yukiya Amano, directeur général de l'AIEA

L'innovation scientifique et technologique est essentielle au développement. Les applications nucléaires offrent des avantages considérables dans de nombreux domaines de la vie courante, comme la santé, l'agriculture et la production alimentaire et énergétique, ainsi que dans de nombreux secteurs industriels. L'AIEA est la mieux à même d'aider les États Membres à utiliser la technologie nucléaire pour atteindre les objectifs de développement durable.

Notre devise, « l'atome pour la paix et le développement », résume notre mission, qui est de garantir l'utilisation de la technologie nucléaire à des seules fins pacifiques et d'aider les États Membres à recourir à cette technologie remarquable pour améliorer le bien-être et la prospérité de leur population. Le transfert de la technologie nucléaire aux pays en développement, au cœur de l'action de l'AIEA, est l'un de ses domaines d'activité les plus importants.

En ma qualité de directeur général de l'AIEA, je me suis rendu dans de nombreux pays et j'ai rencontré des personnes dont les vies ont été marquées, et parfois transformées, par le travail de l'AIEA. Ces instants sont extrêmement gratifiants. La présente édition du *Bulletin de l'AIEA* contient une sélection d'articles à ce sujet.

Vous découvrirez l'histoire de cultivateurs de riz indonésiens qui ont doublé à la fois le rendement de leurs cultures et leurs revenus grâce à la plantation d'une variété de riz mise au point à l'aide de rayonnements et résistante à certains des effets des changements climatiques (lire en page 4). Vous apprendrez comment les agriculteurs en République dominicaine ont réussi à reprendre les exportations de fruits et légumes, après l'éradication d'insectes ravageurs au moyen de techniques nucléaires (lire en page 6). Des vétérinaires du Lesotho nous expliquent qu'ils sont capables, pour la première fois, de déceler des maladies animales et des zoonoses chez des animaux pour protéger la santé du bétail et de l'homme (lire en page 8).

Un autre article illustre la contribution des techniques nucléaires au relèvement du Népal, de l'Équateur et du Pérou à la suite de désastres naturels qui ont ravagé ces pays (lire en page 20). Vous pourrez aussi lire l'histoire d'une petite entreprise en Malaisie, qui est devenue plus compétitive et en mesure de vendre sur le marché international après avoir amélioré la qualité de ses produits grâce aux rayonnements (lire en page 24).



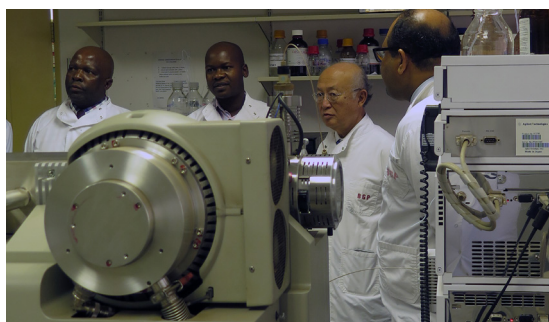
Dans de nombreux pays, on pense que l'électronucléaire peut aider à surmonter la double difficulté que représentent l'assurance d'un approvisionnement suffisant en énergie aux fins du développement de l'économie nationale et la lutte contre les changements climatiques. L'AIEA oriente ses efforts sur sa coopération avec le Bangladesh, qui a mis en chantier l'an dernier sa première centrale nucléaire (lire en page 22).

La liste des États Membres de l'AIEA continue de s'allonger et compte actuellement 169 pays. L'assistance de l'AIEA fait l'objet d'un nombre croissant de demandes dans tous les domaines de la science et des applications nucléaires. L'Initiative sur les utilisations pacifiques de l'AIEA a permis à cette dernière de compléter ses ressources destinées à la coopération technique afin de répondre à cette demande croissante. Elle lui a également permis de réagir rapidement et de façon plus souple face à des difficultés nouvelles, et a contribué à l'établissement de nouveaux partenariats dans le secteur privé.

J'espère que vous apprécierez de découvrir les différents moyens par lesquels l'AIEA s'emploie à améliorer la vie des populations à travers le monde grâce à l'utilisation pacifique de la technologie nucléaire.



(Photo : C. Brady/AIEA)



(Photo : C. Brady/AIEA)



[Photo : Bureau des affaires juridiques, des relations publiques et de la coopération, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATANI)]



Alimentation  
et agriculture



**4 Lutte contre les changements climatiques : une nouvelle variété de riz mise au point à l'aide de techniques nucléaires se développe en Indonésie**



**6 La République dominicaine éradique un insecte ravageur grâce à une technique nucléaire et reprend ses exportations de fruits et légumes**

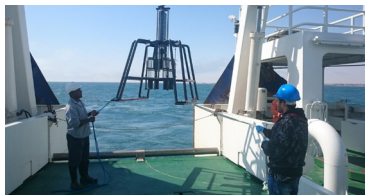


**8 Le Lesotho est désormais mieux armé pour lutter contre les maladies animales et les zoonoses**

Eau  
et  
environnement



**10 Le Costa Rica ouvre la voie à l'agriculture intelligente face au climat**

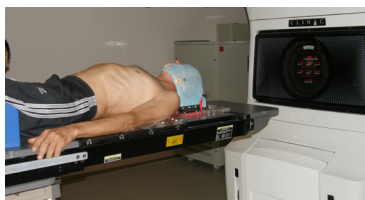


**12 La Namibie fait appel à l'AIEA pour l'étude de son écosystème marin, pilier de l'industrie de la pêche**



**14 Comment gagner la lutte contre l'érosion des sols : sauver les terres fertiles et préserver la qualité de l'eau à l'aide de techniques nucléaires**

Santé



**18 Modernisation des services de radiothérapie en République de Moldova**



**20 La technologie nucléaire aide les pays à se relever après une catastrophe naturelle**



Énergie



**22 Introduction de l'électronucléaire au Bangladesh avec l'aide de l'AIEA**

Industrie



**24 Malaisie : de petites entreprises accèdent aux chaînes de valeur mondiales grâce au radiotraitement**



**26 Derrière les portes du centre de recherche international SESAME**

Initiative sur les utilisations pacifiques



**30 L'Initiative sur les utilisations pacifiques**



**32 La modernisation des laboratoires de l'AIEA se poursuit**

**1 L'atome pour la paix et le développement : vers la réalisation des objectifs de développement durable**

**33 Infos AIEA**

**36 Publications de l'AIEA**

# Lutte contre les changements climatiques : une nouvelle variété de riz mise au point à l'aide de techniques nucléaires se développe en Indonésie

Par Miklos Gaspar



**Des travailleurs à l'Agence nationale de l'énergie nucléaire (BATAN), en Indonésie, plantent des variétés de riz mises au point par irradiation.**

(Photo : Yustantiana/BATAN).

Les agriculteurs indonésiens aiment le riz dense, robuste et à maturité rapide, et c'est exactement ce que la science nucléaire leur a apporté, avec des revenus plus élevés, en prime.

Fin 2017, quelque 200 agriculteurs de Java oriental ont planté pour la deuxième fois la variété Inpari Sidenuk (« dévouement nucléaire » en indonésien), palliant ainsi les difficultés engendrées par les changements climatiques tout en doublant leurs rendements, qui ont atteint neuf tonnes par hectare. La variété Inpari Sidenuk fait partie des 22 variétés de riz mises au point en Indonésie par des scientifiques de l'Agence nationale de l'énergie nucléaire (BATAN) à l'aide de l'irradiation, processus souvent utilisé pour obtenir chez les plantes de nouveaux caractères recherchés (voir l'encadré « En savoir plus »).

En coopération avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et grâce au financement de l'Initiative sur les utilisations pacifiques notamment, l'AIEA fournit un appui à des chercheurs de 70 pays, dont l'Indonésie, en vue de l'utilisation des rayonnements dans la recherche agricole. La mise au point de nouvelles variétés améliorées contribue à accroître la disponibilité alimentaire et donc à améliorer la sécurité alimentaire.

« Nous avons particulièrement besoin de variétés adaptées à l'imprévisibilité des nouvelles conditions météorologiques

résultant des changements climatiques », explique Abdul Rasyid Afandi, agriculteur à Mangaran, qui a planté cette nouvelle variété sur plus de la moitié de sa parcelle de deux hectares.

Les agriculteurs de la région peuvent planter du riz trois fois par an, une fois en saison sèche et deux fois en saison humide. Ces dernières années, la durée des saisons a été plus variable que d'ordinaire, et cela s'est traduit par un climat globalement plus sec et la prolifération de nouveaux organismes nuisibles et de nouvelles maladies. En conséquence, les rendements des variétés précédemment cultivées ont chuté, passant en dessous de cinq tonnes par hectare.

Grâce à l'introduction de la variété Inpari Sidenuk, les rendements à la récolte ont non seulement retrouvé leurs niveaux précédents, mais les ont même largement dépassés, en atteignant neuf tonnes par hectare. Bien plus petite, la plante est ainsi moins vulnérable aux vents violents, qui détruisaient auparavant environ un dixième des cultures.

A. Sidik Tanoyo, employé du Ministère de l'agriculture à Java oriental, souligne que le seul problème réside dans le fait que les agriculteurs ne disposent pas de suffisamment de semences. « Il est important de produire plus de semences de façon à accroître la superficie cultivée, ce qui permettra d'augmenter la productivité et les revenus des agriculteurs ». Il appartient désormais aux autorités agricoles de produire une plus grande quantité de semences de cette nouvelle variété. Une production de masse ne se fait plus par irradiation mais simplement grâce à la multiplication classique de semences.

D'après Ita Dwimahyani, spécialiste de l'amélioration des plantes au Centre d'application de la technologie des isotopes et des rayonnements de la BATAN, une coopération sans faille entre cette dernière et les autorités agricoles est indispensable pour garantir la distribution de toute nouvelle variété auprès des agriculteurs. La variété Inpari Sidenuk a été créée en 2007 à partir d'une variété locale et divulguée par la BATAN en 2011. Cependant, les agriculteurs ont dû attendre quelques années avant d'en disposer en raison de difficultés de distribution.

« Nous nous réjouissons à l'idée de cultiver cette nouvelle variété », confie Abdul Rasyid Afandi, qui ajoute que les revenus supplémentaires qu'il espère en tirer dans les années à venir lui permettront d'envoyer ses enfants à l'université et de mettre plus d'argent de côté pour ses vieux jours.



## L'Indonésie sélectionne une variété de soja améliorée à l'aide de techniques nucléaires en vue d'une production de masse

Le Ministère de l'agriculture de l'Indonésie a sélectionné une variété de soja améliorée produite à l'aide de techniques nucléaires, sur laquelle sera fondé son plan national d'autosuffisance, qui vise à accroître la sécurité alimentaire dans le pays.

Le tempeh, fabriqué à partir de fèves de soja fermentées, est en Indonésie un aliment de base habituellement consommé avec du riz et du bouillon. Cependant, l'augmentation de la population et la hausse du niveau de vie au cours des deux dernières décennies ont conduit à une explosion de la consommation de tempeh, et l'Indonésie a perdu peu à peu son autosuffisance concernant cet aliment. Aujourd'hui, le pays importe près de 60 % des 2,2 millions de tonnes de soja qui sont consommées chaque année. Le gouvernement souhaite accroître considérablement la production nationale, ce qui suppose la culture d'une variété adaptée au climat tropical de l'Indonésie, à haut potentiel de rendement et résistante aux espèces locales de ravageurs.

« Le Ministère de l'agriculture a sélectionné, en raison de ses caractéristiques intéressantes, une variété mise au point par l'Agence nationale de l'énergie nucléaire (BATAN) en vue d'une production en masse de semences et d'une distribution auprès des agriculteurs », indique Lukman Hakim, employé de ce ministère et responsable du projet. Cette variété, produite par irradiation, a été baptisée Mutiara 1, la syllabe « ra » signifiant « rayonnement ».

« Elle présente de nombreux avantages par rapport à la variété de soja classique », explique Gatot Gatot, l'un des 12 agriculteurs cultivant cette nouvelle variété au cœur de la région du pays productrice de soja, à Java oriental. Les plantes, plus petites et plus robustes, résistent au vent et aux maladies et, ce qui est plus important encore, le rendement, de plus de trois tonnes par hectare, est supérieur de 25 % à celui



**La variété de soja cultivée par Gatot Gatot, agriculteur indonésien, a été mise au point par irradiation. Le Ministère de l'agriculture l'a sélectionnée en vue de sa multiplication dans le cadre de son plan de sécurité alimentaire.**

(Photo : M. Gaspar/AIEA)

des variétés locales. Les semences, plus grosses et de meilleure qualité, se vendent entre 6 500 et 7 000 roupies indonésiennes (40-44 centimes d'euros) par kg, contre moins de 6 000 roupies indonésiennes pour la variété locale.

Si la majorité des 200 agriculteurs du village souhaite cultiver la variété Mutiara 1, la quantité de semences disponible est pour l'instant insuffisante. « Cela va changer à la suite de la décision qui vient d'être prise par le gouvernement », indique A. Sidik Tanoyo.

En attendant, les scientifiques de la BATAN continueront à mettre au point de nouvelles variétés pour améliorer encore leurs caractéristiques. Comme le souligne Azri Kusuma Dewi, spécialiste de l'amélioration des plantes au Centre d'application de la technologie des isotopes et des rayonnements de la BATAN, à Jakarta, la variété Mutiara 1 est moins optimale en saison humide, lorsque les plus grosses semences prennent une couleur brunâtre et sont moins viables. « Nous devons essayer d'améliorer encore Mutiara 1 par l'induction de mutations et mettre au point une autre variété adaptée à la saison des pluies ».

## EN SAVOIR PLUS

### La création de nouvelles variétés à l'aide de techniques nucléaires

Vingt-deux variétés de riz ont été mises au point par des scientifiques de la BATAN grâce à un processus appelé « sélection par mutation ». Appliquée depuis les années 1930 dans le but d'accélérer le processus de mise au point et de sélection de nouveaux caractères agronomiques utiles, la sélection par mutation affecte le patrimoine génétique même d'une plante, en imitant le processus naturel de mutation spontanée. Le processus de mutation produit des variations génétiques aléatoires qui donnent naissance à des plantes ayant de nouveaux caractères utiles.

Les scientifiques de la BATAN utilisent les rayonnements gamma pour induire des mutations dans les semences et accélérer considérablement le processus naturel de mutation. Après avoir irradié des semences, ils analysent les nouvelles variétés mutantes afin d'y repérer diverses caractéristiques, puis sélectionnent celles qui présentent des caractères utiles en vue de poursuivre l'amélioration génétique et de les distribuer par la suite aux agriculteurs.



# La République dominicaine éradique un insecte ravageur grâce à une technique nucléaire et reprend ses exportations de fruits et légumes

Par Luciana Viegas et Laura Gil



Ces mouches méditerranéennes des fruits prélevées sur le terrain sont soumises à une identification visant à confirmer leur stérilité. La stérilisation de ces insectes par irradiation en République dominicaine a permis leur éradication en juillet 2017.

(Photo : L. Gil/AIEA)

En 2017, la République dominicaine a éradiqué grâce à une technique nucléaire un redoutable ravageur des cultures, la mouche méditerranéenne des fruits, avec l'aide de l'AIEA et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Le pays a annoncé en juillet 2017 qu'il était indemne de cet insecte, deux ans après une invasion qui avait considérablement nui au secteur agricole.

Les autorités ont utilisé la technique de l'insecte stérile (TIS) pour éradiquer la mouche (voir l'encadré « En savoir plus »).

L'invasion de la mouche méditerranéenne des fruits en République dominicaine a été signalée pour la première fois en mars 2015 à proximité de la ville touristique de Punta Cana, et s'est rapidement répandue sur une zone de 2 000 km<sup>2</sup> dans l'est du pays. Aussitôt après l'annonce de la présence de cet insecte par les autorités dominicaines, les États-Unis ont interdit l'importation de 18 fruits et légumes, mettant à rude épreuve le secteur des exportations du pays.

Les exportations de fruits et légumes représentent 30 % des exportations de produits alimentaires et rapportent environ 610 millions de dollars des États-Unis par an à la République dominicaine, d'après les données de sa Banque centrale. Les pertes entraînées par l'interdiction des exportations de fruits et légumes sont estimées à 42 millions de dollars des États-Unis pour la seule année 2015, et ont menacé des milliers d'emplois. L'interdiction d'exportation a été complètement levée à la suite de l'éradication de la mouche.

« La mouche méditerranéenne des fruits fait partie des ravageurs de cultures les plus redoutables au monde », note Aldo Malavasi, Directeur général adjoint de l'AIEA chargé

des sciences et des applications nucléaires. « Elle s'attaque à plusieurs variétés de fruits et légumes et se répand à une vitesse incroyable », précise-t-il.

La femelle peut pondre jusqu'à 400 œufs au cours de sa vie et six mois suffisent pour qu'une population importante s'établisse dans un pays de la taille de la République dominicaine.

« C'était un désastre », se souvient Pablo Rodríguez, directeur financier d'Ocoa Avocados, premier exportateur d'avocats green king du pays. « L'export représente presque la totalité de notre activité, alors je vous laisse imaginer l'ampleur de la perte. En mars, lorsque l'interdiction a été mise en place, nos produits étaient déjà prêts à être exportés. Nous avons perdu l'ensemble de notre production, et aussi la suivante », se lamente-t-il. Les pertes enregistrées par Ocoa Avocados s'élèvent à huit millions de dollars.

Les mouches ont principalement été repérées sur le littoral, dans des amandiers qui n'étaient pas cultivés à des fins commerciales, mais on a craint qu'elles n'infestent aussi des cultures commerciales de fruits et de légumes. Toute apparition de la mouche des fruits présente un risque élevé et conduit souvent à une restriction des importations de fruits et légumes vulnérables par les pays indemnes de ce ravageur.



## La lutte contre les mouches

Le Ministre de l'agriculture, Ángel Estévez, indique qu'au début de l'invasion, les autorités n'avaient pas les moyens de faire face à la situation. « C'était un enfer. Les ravages causés par la mouche étaient dans mes pensées jour et nuit », se souvient-il.

À la demande du gouvernement, l'AIEA, par l'intermédiaire de son programme de coopération technique, a aidé à mettre en place dans la ville d'Higüey une installation destinée à accueillir des mouches mâles stériles importées du Guatemala. À partir d'octobre 2015, plus de quatre milliards d'entre elles ont été relâchées dans les zones affectées.

En coopération avec la FAO et le Département de l'agriculture des États-Unis, l'AIEA a par ailleurs formé du personnel local à la mise en place de systèmes de surveillance dans tout le pays en vue de capturer et d'identifier les mouches, ainsi qu'à l'utilisation de méthodes complémentaires de lutte contre les insectes ravageurs, comme l'élagage des arbres, l'élimination des fruits susceptibles d'être infestés et l'utilisation sélective de pesticides.

## Les Caraïbes à l'épreuve des mouches

L'appui fourni par l'AIEA, l'intervention d'urgence coordonnée et les efforts déployés par le Ministère de l'agriculture pour endiguer l'infestation ont eu des retombées positives, non seulement pour la République dominicaine mais aussi pour l'ensemble de la région.

« Grâce à ce projet, nous avons évité que la mouche n'infeste d'autres pays des Caraïbes et du continent américain, comme le Mexique et les États-Unis, ce qui aurait entraîné de lourdes pertes économiques », explique Walther Enkerlin, entomologiste à la Division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture.

Frank Lam, représentant de l'Institut interaméricain de coopération pour l'agriculture en République dominicaine, indique que le Ministère de l'agriculture possède désormais les capacités techniques et humaines nécessaires pour faire face à ce type d'infestation et mettre en commun les enseignements tirés et les savoir-faire. « Afin d'éviter que cet événement lourd de conséquences financières ne se reproduise dans d'autres pays, nous souhaitons partager les enseignements que nous avons tirés de cette expérience. Il ne faudrait pas que d'autres pays se retrouvent démunis en cas d'infestation sur leur sol », explique Frank Lam.

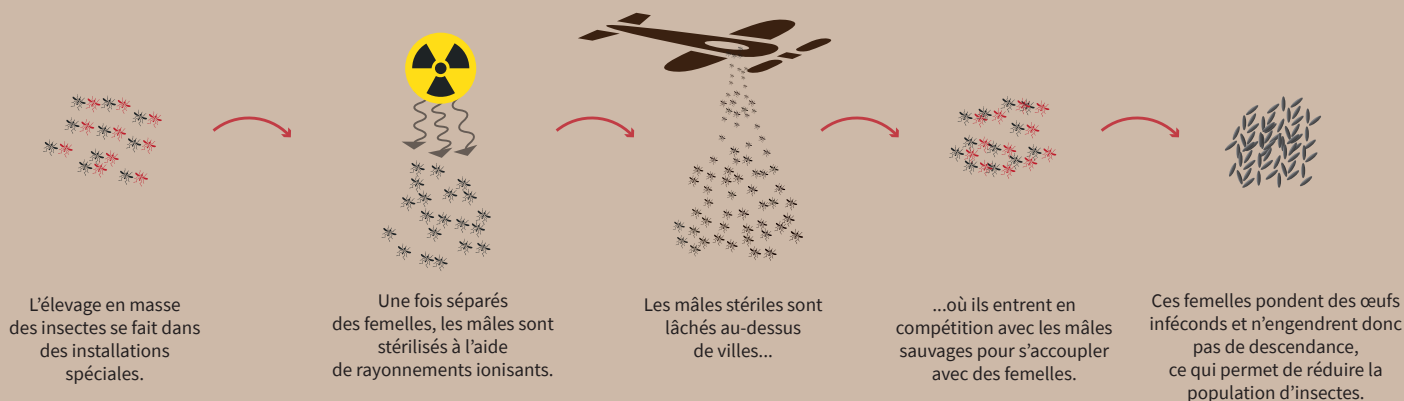
## EN SAVOIR PLUS

### Le contrôle des naissances des mouches

La technique de l'insecte stérile, forme de lutte contre les insectes ravageurs, repose sur l'utilisation des rayonnements ionisants pour stériliser des mouches mâles produites en masse dans des installations d'élevage spéciales. Des millions de mâles stériles sont systématiquement relâchés au sol ou dans l'air de façon régulière. Ils s'accouplent avec les femelles sauvages, sans que cela n'engendre de descendance. Cette technique permet ainsi de réduire, voire d'éradiquer, les populations de divers types de mouches sauvages, comme la mouche

des fruits ou la mouche tsé-tsé. La TIS, qui fait partie des techniques de lutte contre les ravageurs les plus écologiques qui soient, est généralement appliquée comme composante finale dans le cadre de campagnes intégrées de lutte contre des populations d'insectes.

La Division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture apporte un appui à quelque 40 projets sur le terrain, mis en œuvre dans le cadre du programme de coopération technique de l'AIEA dans des régions d'Afrique, d'Amérique latine, d'Asie et d'Europe.



# Le Lesotho est désormais mieux armé pour lutter contre les maladies animales et les zoonoses

Par Laura Gil

**A**u Lesotho, pays de deux millions d'habitants situé au sud de l'Afrique qui dépendait jusqu'à récemment de laboratoires étrangers pour les analyses, il est désormais possible d'effectuer un diagnostic précoce et rapide des maladies animales. Grâce à l'appui de l'AIEA et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), des scientifiques vétérinaires de Maseru, la capitale du pays, peuvent utiliser depuis mi-2017 des techniques dérivées du nucléaire pour identifier et caractériser des virus qui touchent le bétail et l'homme.

« Nous devons être capables d'établir nos propres diagnostics afin d'enrayer les maladies et d'agir rapidement en cas d'épidémie », explique Gerard Mahloane, directeur des services de l'élevage au Ministère de l'agriculture et de la sécurité alimentaire du Lesotho.

Les techniques en question permettent d'identifier des virus, notamment Ebola et le virus de la grippe aviaire, avec une

grande précision en l'espace de quelques heures. Elles sont aussi économiques. « Aujourd'hui, nous repérons en quelques heures ce qui nous prenait auparavant des semaines à découvrir », ajoute Gerard Mahloane. « Cela change réellement la donne. »

Le diagnostic précoce contribue à enrayer la propagation d'une maladie en permettant d'isoler rapidement et de traiter plus tôt les animaux et les patients infectés. Les autorités et les agriculteurs peuvent ainsi réagir rapidement en cas d'épidémies afin d'endiguer celles-ci, mais aussi les prévenir en maintenant un certain niveau de surveillance.

Grâce à ces techniques, les scientifiques du Laboratoire vétérinaire central ont pu confirmer que le Lesotho était exempt de la fièvre aphteuse, l'une des maladies infectieuses les plus graves touchant le bétail.

Ils utilisent des équipements fournis par l'AIEA pour vérifier si le pays est également indemne de la peste des petits ruminants

## Le réseau VETLAB : renforcer les capacités des laboratoires vétérinaires en matière de diagnostic en Afrique et en Asie

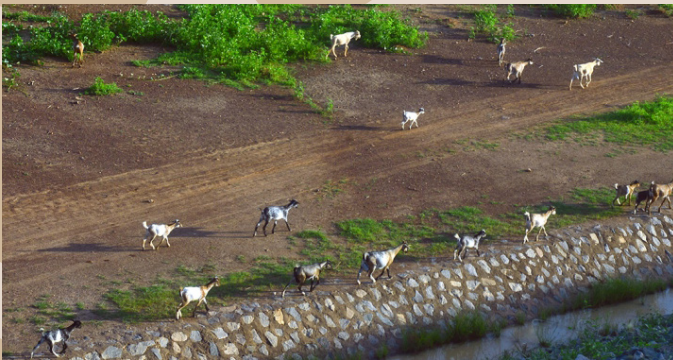
En Afrique, les vétérinaires qui s'efforcent d'enrayer la propagation des maladies animales transfrontières, y compris les maladies transmissibles à l'homme, au moyen de techniques de diagnostic isotopiques, nucléaires et dérivées du nucléaire, peuvent mettre en commun de meilleures pratiques, coordonner des activités et mettre au point des stratégies communes de lutte contre les maladies par l'intermédiaire du réseau de laboratoires diagnostiques vétérinaires (réseau VETLAB). Ce réseau, mis en place par l'AIEA en partenariat avec l'Organisation des Nations

Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), est en partie financé à travers l'Initiative sur les utilisations pacifiques.

Les maladies en question peuvent avoir des conséquences dramatiques sur la santé publique et les moyens de subsistance. Elles mettent également en péril le commerce international de produits d'origine animale, et peuvent ainsi être à l'origine de lourdes pertes et de graves problèmes de sécurité sanitaire des aliments et de sécurité alimentaire.

La détection et la caractérisation précoce et rapide des agents pathogènes sont indispensables à la mise en œuvre progressive de stratégies de lutte contre les maladies, afin d'endiguer celles-ci, voire de les éradiquer. Ces maladies, tout comme les animaux qui en sont porteurs, ne s'arrêtent pas aux frontières. Il est donc nécessaire d'agir de manière concertée. Les membres du réseau VETLAB mettent en commun leur expérience en matière de diagnostic et de lutte ainsi que leur savoir-faire, et encouragent la mise en place de mesures de prévention des maladies animales et des zoonoses à l'échelle nationale et régionale. Le réseau est soutenu grâce à des cours, au transfert de technologies et au partage de connaissances, à la fourniture d'orientations et d'instructions permanentes d'opération, à l'offre de services d'experts et à la fourniture de matériel, de réactifs et de consommables.

Il fournit aujourd'hui un appui à 44 pays d'Afrique et à 19 pays d'Asie.



**Pour les pays africains confrontés à la menace d'épidémies de maladies animales, le recours à des techniques dérivées du nucléaire est indispensable pour diagnostiquer, puis enrayer et éradiquer ces maladies.**

(Photo : D. Calma/AIEA)





(PPR), maladie animale extrêmement contagieuse qui peut tuer des milliers de moutons et de chèvres chaque année. Ils ont déjà prélevé tous les échantillons animaux nécessaires, dont certains sont analysés au laboratoire. Ils devraient ensuite vérifier si le pays est également exempt de la grippe aviaire, décelée en 2017 dans le pays voisin, l’Afrique du Sud.

Auparavant, les autorités du Lesotho envoyaient chaque année en vue de leur analyse en Afrique du Sud et au Botswana plus de 2 000 échantillons sanguins prélevés chez des bovins ou d’autres animaux, afin de vérifier si le pays était exempt de ces maladies animales — une procédure chère, mais mandatée par l’Organisation mondiale de la santé animale (OIE). Désormais, elles ne font appel à des laboratoires étrangers qu’à des fins de confirmation ou de validation.

L’aide fournie par l’AIEA, en coopération avec la FAO, en vue d’équiper les laboratoires et de former les scientifiques à l’utilisation de ces techniques et aux mesures de sécurité biologique correspondantes a été essentielle pour les pays africains confrontés à la menace d’épidémies de maladies animales. En effet, le Lesotho est le deuxième plus grand producteur mondial de mohair, matière fabriquée à partir de la toison des moutons et des chèvres, nombreux dans le pays. Les agriculteurs, les producteurs et les exportateurs doivent pouvoir s’assurer de la bonne santé de leurs bêtes s’ils veulent garantir la stabilité de leurs revenus.

Depuis que le Lesotho est devenu membre de l’AIEA en 2009, celle-ci aide le pays à lutter contre les maladies infectieuses par l’intermédiaire de son programme de coopération technique et en partenariat avec la FAO.



**Des techniques dérivées du nucléaire ont permis aux autorités de démontrer que le Lesotho était indemne de la fièvre aphteuse.**

(Photo : D. Calma/AIEA)

## EN SAVOIR PLUS

### Déceler les maladies animales à l’aide de techniques nucléaires

Au Lesotho, les vétérinaires des services de l’élevage utilisent diverses techniques dérivées du nucléaire pour effectuer un diagnostic précoce et rapide des maladies animales et des zoonoses. Voici comment fonctionnent ces techniques :

Les analyses sérologiques visent à détecter des anticorps bien précis, spécifiques de chaque agent pathogène, au moyen d’anti-immunoglobulines spécifiques de chaque espèce animale analysée.

Lors d’analyses moléculaires, les scientifiques répliquent, ou amplifient, une région donnée de l’ADN des milliards de fois en quelques heures seulement. L’amplification de l’ADN cible est ensuite détectée à l’aide de radio-isotopes ou de molécules fluorescentes. La réaction de polymérisation en chaîne (PCR) est très spécialisée, car elle cible habituellement un marqueur spécifique sur un agent pathogène donné. En élevant et en abaissant la température de manière répétée, on parvient à séparer les deux brins d’ADN puis à répliquer l’ADN d’origine. Cette procédure est ensuite répétée jusqu’à ce que suffisamment de copies de la molécule cible aient été créées. Les scientifiques peuvent alors déceler la présence du génome de l’agent pathogène.

#### En quoi ces techniques sont-elles dérivées du nucléaire ?

Pour qu’il soit possible de visualiser ces réactions, les molécules réactives (anticorps présents dans des fragments sérologiques et génétiques dans les techniques moléculaires) sont marquées par des isotopes radioactifs, par exemple le  $^{32}\text{P}$ , le  $^{33}\text{P}$ , le  $^{35}\text{S}$ , l’ $^3\text{H}$  et le  $^{14}\text{C}$ , de façon à pouvoir mesurer les réactions à l’aide de compteurs qui détectent les rayonnements ou les particules radioactifs. Lorsque les installations du laboratoire ou la courte période des radio-isotopes ne permettent pas d’envisager le recours à la radioactivité, ou lorsqu’il n’est pas absolument nécessaire de recourir à des techniques d’une telle sensibilité, les marqueurs radioactifs peuvent être remplacés par des substances chromogènes, comme des enzymes ou des colorants fluorescents. Ces marqueurs sont plus faciles à lire et à évaluer mais perdent de leur fiabilité avec le temps, ce qui réduit la sensibilité de ces techniques. C’est pour cette raison que le marquage nucléaire est encore utilisé comme étalon de référence, afin de rétablir l’exactitude du marquage visuel.

# Le Costa Rica ouvre la voie à l'agriculture intelligente face au climat

Par Laura Gil

Le Gouvernement costa-ricain a recours à des techniques nucléaires pour concilier deux objectifs : devenir neutre en carbone et rester le premier producteur mondial d'ananas, fruit dont la culture nécessite l'emploi d'une grande quantité d'engrais. Avec l'aide de l'AIEA et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), des experts costa-ricains étudient l'utilisation de la technologie nucléaire en vue d'aider les producteurs à cultiver des fruits et d'autres produits agricoles de manière plus rentable et écologique. Ils s'intéressent à la façon dont un nouveau type d'amendement du sol pourrait contribuer à réduire l'utilisation de pesticides et d'engrais ainsi que l'émission de gaz à effet de serre (GES).

« La majorité des producteurs d'ananas répandent plus d'engrais et de pesticides qu'il n'est nécessaire, et une grande partie de ces substances se perd dans l'atmosphère sous forme de gaz à effet de serre ou pollue les cours d'eau et les eaux souterraines », explique Cristina Chinchilla, chercheuse agronome au Centre de recherche sur la pollution de l'environnement (CICA) de l'Université du Costa Rica.

Les experts du CICA collaborent avec l'AIEA et la FAO à l'utilisation de biocharbon, matériau riche en carbone produit à partir de résidus naturels. Dans d'autres régions du monde, il a été démontré que le biocharbon améliorait la fertilité des sols et réduisait les effets pernicieux des produits chimiques sur l'environnement.

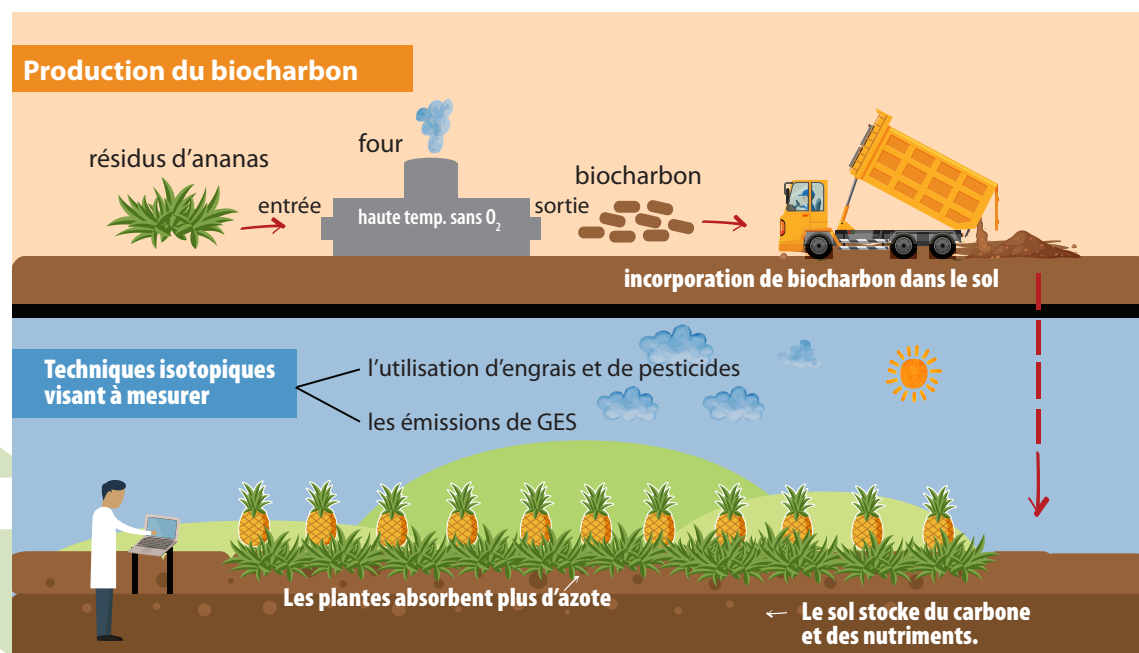
## Ananas et biocharbon

Tous les 18 mois, à chaque récolte d'ananas, le Costa Rica produit plus de 10 millions de tonnes de résidus de culture, que l'équipe du CICA a décidé d'exploiter pour la fabrication de biocharbon.

Par l'intermédiaire d'un projet de coopération technique de l'AIEA, des experts du CICA utilisent des techniques nucléaires pour étudier les avantages de l'utilisation de biocharbon. Des résidus d'ananas sont d'abord broyés de manière à obtenir du biocharbon, qui est appliqué sur des terres agricoles. Les experts épandent ensuite sur des parcelles de terre des pesticides marqués à l'aide d'un isotope radioactif, le carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ), ce qui permet de suivre le comportement des pesticides à l'échelle moléculaire. Ils peuvent ainsi déterminer en outre si le biocharbon facilite le stockage du carbone dans le sol, ce qui contribue à réduire l'émission de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).

Les experts du CICA appliquent par ailleurs des engrais marqués à l'aide d'un isotope stable, l'azote 15 ( $^{15}\text{N}$ ), afin de pouvoir suivre leur devenir. Grâce à cette technique, ils espèrent déterminer si les plants d'ananas absorbent plus facilement les engrais lorsqu'ils sont cultivés sur un sol riche en biocharbon.

Sur le plan économique, il est avantageux de limiter l'utilisation d'engrais et de pesticides. « Les engrais et les pesticides coûtent chers », fait remarquer Donald González, producteur d'ananas à Pital, dans le nord du Costa Rica.



« Nous devons parfois choisir entre nourrir nos plantes et nourrir nos familles ».

Les préoccupations environnementales croissantes et le durcissement des réglementations relatives à l'importation ont conduit le Gouvernement costaricien à imposer aux producteurs d'ananas une réglementation stricte, qui interdit le recours à certains produits chimiques et encourage l'adoption de pratiques durables.

Toutes les parties essaient de concilier la réduction de l'usage d'engrais et de pesticides et le maintien de la capacité des agriculteurs à vivre de leur production en répondant à la demande mondiale.

## La réduction des émissions de gaz à effet de serre

Dans le but de devenir neutre en carbone, le Costa Rica cherche à réduire ses émissions de GES. Grâce à l'appui de l'AIEA et de la FAO, des experts utilisent des techniques nucléaires pour mesurer la quantité de GES émis par les sols, y compris par ceux amendés au biocharbon, et repérer précisément la source de ces émissions.

« Notre transition vers une économie raisonnée passe par le développement d'une agriculture et d'une industrie durables s'appuyant sur la science et à la technologie », explique Carolina Vásquez Soto, Ministre de la science, de la technologie et des télécommunications.

D'après le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'agriculture et les changements de pratiques relatives à l'utilisation des terres contribuent à plus de 24 % des émissions mondiales de GES, part qui ne cesse d'augmenter.

« Pour lutter contre les changements climatiques, il est crucial de réduire les émissions de gaz à effet de serre liées



**Donald González, producteur d'ananas à Pital, dans le nord du Costa Rica, dans son champ où des scientifiques testeront le biocharbon.**

(Photo : L. Gil/AIEA)

à l'agriculture », souligne Ana Gabriela Pérez, coordonnatrice du Laboratoire national de référence des gaz à effets de serre et du piégeage du carbone de l'Université du Costa Rica, qui a été équipé par l'AIEA en 2014.

Mohammad Zaman, pédologue à la Division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture, indique que les techniques isotopiques peuvent apporter des informations essentielles sur les sources d'émission et la quantité de gaz à effet de serre dérivés de l'agriculture. « Ces informations donnent aux décideurs des connaissances suffisantes pour prendre des décisions éclairées en matière de politique sur le carbone », précise-t-il.

## EN SAVOIR PLUS

### Le piégeage du carbone dans le sol

Le sol est constitué d'un mélange de minéraux, de matières organiques, de gaz et d'eau. Le carbone tient une place essentielle dans la structure du sol et il est un ingrédient indispensable à sa santé, mais à l'état gazeux, sous forme de CO<sub>2</sub>, il devient un GES. Les végétaux captent le carbone présent dans l'air sous forme de CO<sub>2</sub> et le transforment en matière organique, favorisant ainsi la productivité et la résistance du sol à des conditions climatiques rigoureuses.

Le phénomène par lequel le dioxyde de carbone présent dans l'atmosphère est capté et stocké dans le sol est appelé « piégeage du carbone » et peut compenser la hausse des émissions de GES. L'analyse du carbone 14 permet aux chercheurs d'évaluer la qualité du sol et les sources de

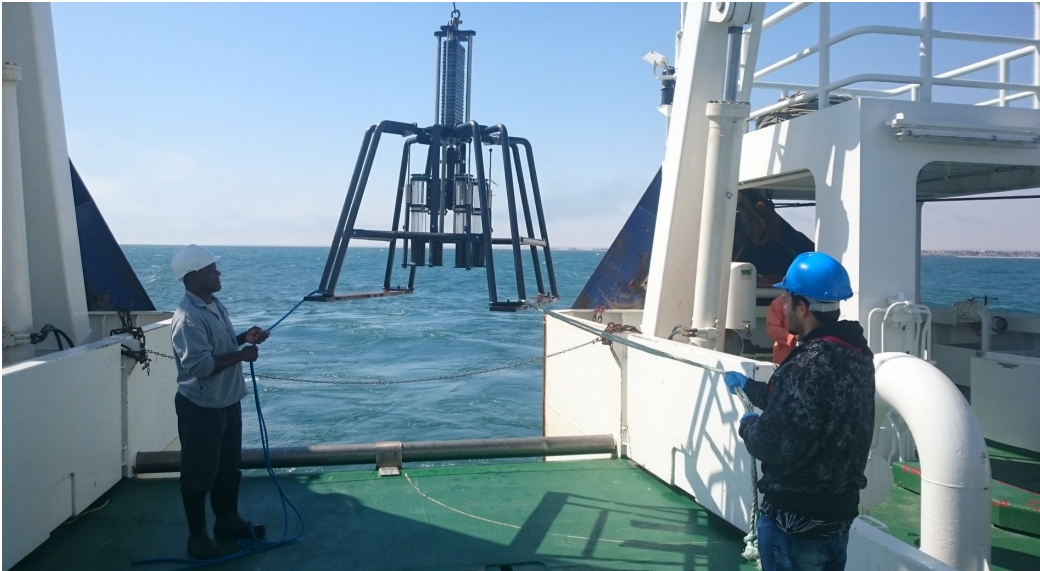
carbone piégé dans celui-ci. Grâce à l'évaluation du piégeage du carbone, ils sont également en mesure de déterminer si le biocharbon améliore la fertilité du sol et contribue à la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

De même, en épandant sur des parcelles données des engrais marqués à l'aide d'un isotope stable, l'azote 15 (<sup>15</sup>N), les chercheurs peuvent suivre la quantité d'azote qui est soit absorbée par les plantes, soit perdue dans l'atmosphère sous forme de GES ou dans les eaux de surface et les eaux souterraines, ce qui leur permet de déterminer l'efficacité avec laquelle les cultures assimilent les engrais, et ainsi d'optimiser l'usage de ces derniers dans les exploitations agricoles.



# La Namibie fait appel à l'AIEA pour l'étude de son écosystème marin, pilier de l'industrie de la pêche

Par Lucas Small et Miklos Gaspar



**Des chercheurs prélèvent des carottes de sédiment près des côtes namibiennes.**

(Photo : D.C. Louw/Ministère namibien de la pêche et des ressources marines)

La toute première étude exhaustive sur la concentration de radionucléides et d'éléments en trace dans les eaux côtières de la Namibie a indiqué que malgré des niveaux infimes de radionucléides, certains éléments en trace seraient présents à des concentrations anormalement élevées. D'après un rapport scientifique remis par l'AIEA au Gouvernement namibien fin 2017 et basé sur des travaux de recherche effectués à la demande de celui-ci, de plus amples études sont nécessaires pour déterminer si cela résulte d'activités humaines menées sur le littoral ou est dû à la géologie sous-jacente.

« Le rapport de l'AIEA donne d'excellentes informations sur la situation actuelle et peut servir de base à des activités futures de surveillance », note Axel Tibinyane, directeur de l'Organisme national de radioprotection de Namibie. « Les ressources marines doivent absolument être exploitées de manière durable, car elles contribuent dans une large mesure à notre développement national. Le rapport va dans ce sens. »

À l'issue de ces travaux de recherche préliminaires, l'AIEA continuera de fournir un appui au gouvernement en vue de mieux comprendre les raisons de la concentration élevée d'éléments en trace.

En Namibie, la croissance démographique est accompagnée du développement de l'extraction d'uranium, d'or et de diamants et de l'essor des activités industrielles, tandis que l'exploitation sous-marine de phosphate suscite un intérêt croissant. Le pays fait partie des cinq plus grands

producteurs mondiaux d'uranium. Pour évaluer les effets de cet accroissement des activités humaines sur l'environnement, il est nécessaire d'établir un état de référence, car certaines de ces activités sont susceptibles d'entraîner une hausse des niveaux de radionucléides et d'éléments en trace. Les données du rapport peuvent permettre d'établir cet état de référence.

« Ce projet, le premier du genre, fournit des informations nouvelles sur le plateau namibien », indique Deon Louw, océanographe chargé de l'étude au Ministère namibien de la pêche et des ressources marines. « Nous avons besoin de ces connaissances pour surveiller et protéger notre écosystème marin, car les activités humaines continuent d'augmenter. »

Le développement des activités côtières suppose la mise en œuvre d'une nouvelle réglementation en vue de surveiller et de gérer les radionucléides naturels et anthropiques et les éléments en trace susceptibles de contaminer l'écosystème marin, ce qui pourrait avoir des répercussions sur les produits de la mer, les populations locales et l'économie.

Les eaux côtières de la Namibie abritent une riche biodiversité et s'étendent sur plus de 1500 km le long du rapide courant de Benguela, dans l'Atlantique sud. La plus grande partie du littoral est une zone marine protégée, considérée comme non polluée. Elle fait partie du vaste écosystème marin du nord du Benguela, qui est l'un des écosystèmes côtiers les plus productifs au monde et un pilier des industries prospères de la pêche et de la mariculture. Poissons, plancton et autres organismes marins, dont la plus grande bactérie au monde

(visible à l'œil nu), pullulent dans cet environnement extrêmement dynamique, soumis à des vents violents, à des courants forts et à des éruptions sous-marines émettrices de soufre.

Malgré cette activité foisonnante, on savait jusqu'à présent peu de choses sur les niveaux de radioactivité marine et les concentrations d'éléments en trace en Namibie.

## L'étude

En 2014, à la demande du Ministère de la pêche et des ressources marines, l'AIEA a entrepris le prélèvement de divers échantillons marins au large de la Namibie. Plus de 500 échantillons, notamment de sédiments, d'eau de mer, de poissons, de moules ou encore d'algues, ont été collectés, et ont donné lieu à plusieurs milliers de mesures. Plus de 40 chercheurs de 11 institutions répartis dans six pays ont participé au projet de recherche.

Non seulement les radionucléides et les isotopes de métaux en trace permettent d'effectuer des mesures de référence pour l'évaluation et la réglementation de la pollution actuelle, mais ils peuvent être utilisés comme traceurs afin de mieux comprendre les processus océanographiques et les processus de pollution (voir l'encadré « En savoir plus »). L'analyse d'isotopes du plomb, par exemple, peut permettre de déterminer si le plomb est présent à l'état naturel ou si sa présence résulte d'activités humaines. La signature isotopique du plomb donne par ailleurs des informations sur les sources de contaminants.



### La côte de la Namibie abrite des espèces protégées, comme ces manchots du Cap sur l'île de Mercury.

(Photo : D.C. Louw/Ministère namibien de la pêche et des ressources marines)

« L'objectif de cette étude n'est pas seulement d'aider la Namibie, mais aussi de continuer à apporter une valeur ajoutée à la recherche scientifique internationale, en améliorant les connaissances sur les modes de pollution marine à l'échelle mondiale », explique Martina Rožmarić, chercheuse aux Laboratoires de l'environnement de l'AIEA. « L'étude de la présence de radionucléides naturels et anthropiques et d'éléments en trace, comme le plomb, le mercure, le cuivre et le cadmium, au large des côtes de la Namibie, nous permet de combler le manque de connaissances essentielles sur notre planète. »

## EN SAVOIR PLUS

### L'étude des océans grâce aux isotopes

La concentration de radionucléides (naturels et anthropiques), d'éléments en trace et de métaux des terres rares est difficile à mesurer. Il est néanmoins essentiel de déterminer les niveaux et les sources de ces substances pour comprendre l'état de l'environnement marin.

Plusieurs radionucléides anthropiques peuvent être détectés à des niveaux très faibles ; certains, comme l'iode 129, un isotope de l'iode, et l'uranium 236, un isotope de l'uranium, sont utilisés comme radiotraceurs dans l'étude des processus océanographiques, tels que le mouvement des masses d'eau ou des contaminants dans les océans, et pour améliorer la précision des modèles de dispersion marine. Tout comme un colorant dont la trajectoire peut être observée dans une masse d'eau, ces radionucléides possèdent une signature

unique que les chercheurs peuvent suivre de manière à étudier les différents courants et le temps nécessaire à ces substances pour atteindre une autre région du monde.

Du fait de leur lente désintégration, ces isotopes sont des traceurs fiables de processus naturels, comme la circulation et le mélange des masses d'eau. Cependant, les concentrations d'uranium 236 dans les océans sont infimes et ne peuvent être mesurées que par spectrométrie de masse à l'aide d'un accélérateur hautement sensible, qui permet de surveiller les rapports entre l'uranium 236 et l'uranium 238, un isotope naturel plus abondant. Dans le cadre ce projet, les mesures ont été effectuées dans un centre collaborateur de l'AIEA, le Centre national des accélérateurs, à Séville (Espagne).

# Comment gagner la lutte contre l'érosion des sols : sauver les terres fertiles et préserver la qualité de l'eau à l'aide de techniques nucléaires

Par Nicole Jawerth et Miklos Gaspar

En détruisant les terres fertiles, l'érosion menace la production vivrière ainsi que le revenu des agriculteurs. La couche supérieure des terres, la plus nutritive, est la première à être touchée par l'érosion. Elle se retrouve souvent dans les rivières et les lacs, où ses nutriments favorisent la prolifération des algues. Celles-ci réduisent la quantité d'oxygène dans l'eau, compromettant la qualité de l'eau et nuisant aux populations de poissons.

Les techniques nucléaires peuvent aider les scientifiques et les agriculteurs à repérer les zones d'érosion les plus vulnérables et à trouver la technique de préservation des sols qui convient pour sauver les terres agricoles et les sources d'eau douce (voir l'encadré « En savoir plus » à la page 17). En coopération avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'AIEA fournit une assistance à 70 pays en matière de recherche sur l'érosion. Le présent article porte sur deux d'entre eux : le Maroc, où la priorité est de sauver les terres agricoles, et le Myanmar, qui lutte contre la prolifération d'algues dans le deuxième plus grand lac du pays.

## Sauver les terres agricoles au Maroc

El Haj Abdeslam, agriculteur, et ses trois ouvriers ont passé des années à lutter contre l'érosion des sols qui a emporté la terre fertile de leurs cultures et qui les a privés de revenus.

« Au fil des ans, l'érosion des sols appauvissait ma terre, ce qui rendait mon exploitation agricole moins productive », déclare El Haj Abdeslam, qui nourrit sa famille, composée de sept personnes, grâce à la culture de pois chiches et de céréales sur cinq hectares, sa seule source de revenus. « Depuis que les scientifiques m'ont aidé à préserver mes sols, la production de mon exploitation a augmenté de 20 à 30 %, la consommation d'intrants a diminué, et mon revenu est en hausse. »

Les scientifiques ont utilisé des techniques faisant appel aux radionucléides provenant des retombées et aux isotopes stables à composés spécifiques (voir l'encadré « En savoir plus » à la page 17) pour localiser les zones sujettes à l'érosion et évaluer l'efficacité de diverses méthodes de préservation. Cette technique a été mise en place pour faire face aux pertes en sols, qui se montent à plus de 100 millions de tonnes chaque année au Maroc.

« Après avoir repéré les zones d'érosion les plus vulnérables, nous avons testé différentes méthodes de préservation des sols utilisant des techniques nucléaires pour déterminer comment améliorer la situation. Nous avons adapté et combiné différentes méthodes de préservation déjà utilisées à travers le monde pour voir ce qui fonctionnait le mieux



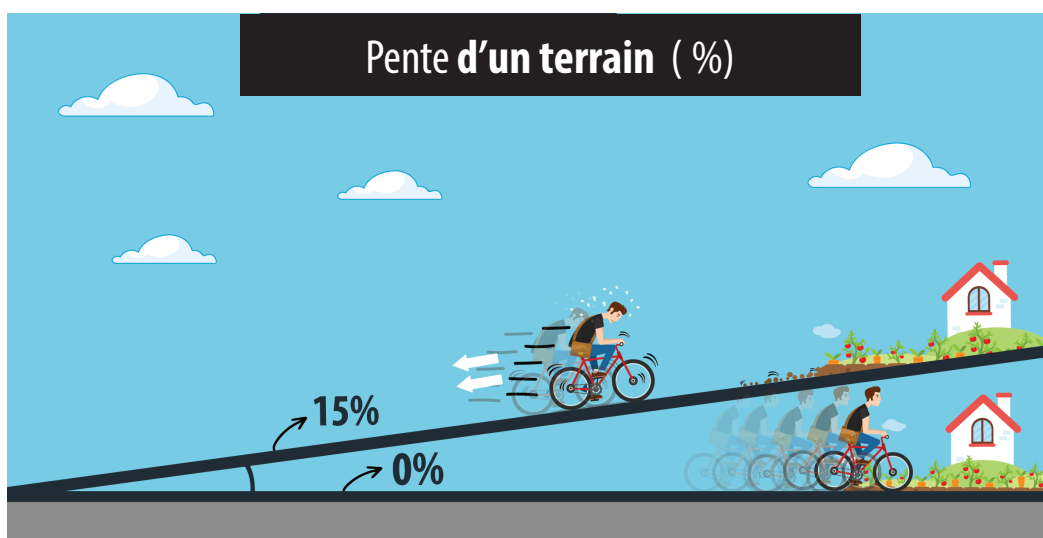
**Le fils d'El Haj Abdeslam conduit un tracteur pour aider aux tâches agricoles pendant que les scientifiques prélèvent des échantillons de sol dans les champs.**

(Photo : R. Moussadek/INRA)

dans les conditions environnementales et agricoles du Maroc », explique Moncef Benmansour, chef de la Division de l'eau, des sols et du climat au Centre national de l'énergie, des sciences et des techniques nucléaires (CNESTEN).

Plus de 40 % de la superficie totale du Maroc est touchée par l'érosion des sols due à la déforestation, au surpâturage et aux mauvaises techniques de plantation. Des conditions climatiques difficiles, notamment de longues périodes de sécheresse et de courtes périodes de pluies intenses,





**Sur une pente de 15 %, le sol doit résister à une plus grande force de gravité.**

(Illustration : F. Nassif/AIEA)

compliquent davantage les choses. Les crêtes escarpées qui forment le paysage du pays aggravent la situation, tant pour les terres que pour les agriculteurs.

L'exploitation d'El Haj Abdeslam, par exemple, se situe sur un terrain abrupt ayant une pente de 10-15 %. Le sol, et notamment sa couche arable fertile, est donc plus facilement emporté par les pluies (voir l'infographie).

La nouvelle méthode de conservation combine une culture céréalière sans labour avec une culture d'arbres fruitiers et d'arbustes. La culture sans labour permet de ne pas perturber le sol, car on ne creuse pas et on ne remue pas

la terre. Les racines et les parties restantes telles que les tiges et les feuilles des plantes sélectionnées améliorent la structure et la santé générale du sol, ce qui contribue à le maintenir en place sur les collines escarpées.

« Nous avons maintenant réduit l'érosion des sols dans la région de Tanger-Tétouan de 40 %, et d'environ 60 % dans la région de Casablanca-Settat », conclut Moncef Benmansour. « Le Ministère de l'agriculture et le Haut-commissariat marocain aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification utilisent les résultats et les méthodes du projet pour étendre les efforts de préservation des sols à un plus grand nombre d'agriculteurs dans tout le pays. »



**Des scientifiques prélèvent des échantillons de sol dans le cadre de l'étude des zones d'érosion les plus vulnérables au moyen de techniques nucléaires.**

(Photo : INRA)



## Préserver le lac Inle au Myanmar



**La qualité de l'eau du magnifique lac Inle, au centre du Myanmar, est menacée par l'érosion des coteaux environnants.**

(Photo : M. Gaspar/AIEA)

Situé au centre du Myanmar, le lac Inle est une source d'eau potable et de moyens de subsistance pour des dizaines de milliers de personnes ; toutefois, l'érosion des coteaux environnants entraîne l'accumulation de sol dans le lac, menaçant la qualité de son eau ainsi que son écosystème fragile. Dans le cadre d'une étude, des techniques nucléaires ont permis de déterminer les sources exactes de l'érosion du sol dans la vallée de la rivière Kalaw, alimentant le lac, vallée qui a été grandement déboisée au cours des dernières

décennies. Cette étude a permis aux agents forestiers locaux de concentrer leurs activités de conservation dans les zones les plus sujettes à l'érosion.

Les méthodes de conservation et l'utilisation des nouvelles données obtenues pour informer la population locale des conséquences de l'exploitation forestière illicite et de l'utilisation accrue du lac comme jardin potager flottant permettront de sauver le lac Inle, selon U Sein Tun, gardien de parc au département forestier de Nyaungshwe, la plus grande ville se trouvant autour du lac.

L'étude sur l'érosion, achevée en 2017, a été menée par l'Institut de recherche forestière du Myanmar, avec l'appui de l'AIEA et de la FAO. Le projet a été financé en partie par l'intermédiaire de l'Initiative sur les utilisations pacifiques de l'AIEA.

L'étude se fonde sur deux techniques nucléaires pour caractériser la manière dont le sol s'accumule et se déplace ainsi que pour déterminer son origine et les zones sujettes à sa dégradation (voir l'encadré « En savoir plus »). Cho Cho Win, l'agent de recherche responsable de l'étude, explique que les résultats ont permis de démontrer que chaque hectare de terre déboisée il y a 15 ans dans le bassin versant de la rivière Kalaw a aussi perdu 26 tonnes de terre chaque année depuis lors. Sur les terrains déboisés et cultivés il y a 40 ans, l'érosion du sol représente 40 tonnes à l'hectare par an. « En revanche,



**Zone d'érosion dans le bassin versant de la rivière Kalaw. Le sol érodé sur les coteaux s'est en grande partie déposé dans le lac Inle.**

(Photo : M. Gaspar/AIEA)

il n'y a eu aucune érosion dans les zones comparables où le couvert forestier est resté intact », précise-t-elle.

L'étude a relevé une forte érosion du sol sur les versants supérieurs et une accumulation de sol dans les zones inférieures plus proches du lac, ce qui indique, selon Cho Cho Win, que des sédiments continuent de se déposer en quantité dans le lac.

Remédier à la dégradation de l'environnement du lac Inle causée par l'érosion des terres est l'un des principaux objectifs non seulement du département forestier local, mais aussi du gouvernement régional de l'État Shan, affirme U Sein Tun. Le gouverneur de cet État, Linn Htut, a accepté de présider la commission chargée d'améliorer l'état du lac. « L'étude réalisée par Mme Cho Cho Win contribue grandement à nos efforts », confie U Sein Tun.

Ces efforts permettront également de protéger l'habitat diversifié et unique du lac, qui a été internationalement reconnu en 2015 comme réserve de biosphère par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). « Avec ce titre, nous avons une responsabilité encore plus grande, car le lac ne fait plus seulement partie de notre patrimoine mais aussi de celui du monde entier », conclut-il.



**Cho Cho Win, chercheuse dans le domaine de l'érosion, et un agent forestier local observent les sites touchés par l'érosion autour du lac Inle.** (Photo : M. Gaspar/AIEA)

## EN SAVOIR PLUS

### Les radionucléides provenant des retombées et la technique faisant appel à des isotopes stables de composés spécifiques

Les radionucléides provenant des retombées sont présents dans l'atmosphère et sont déposés à la surface du sol par la pluie.

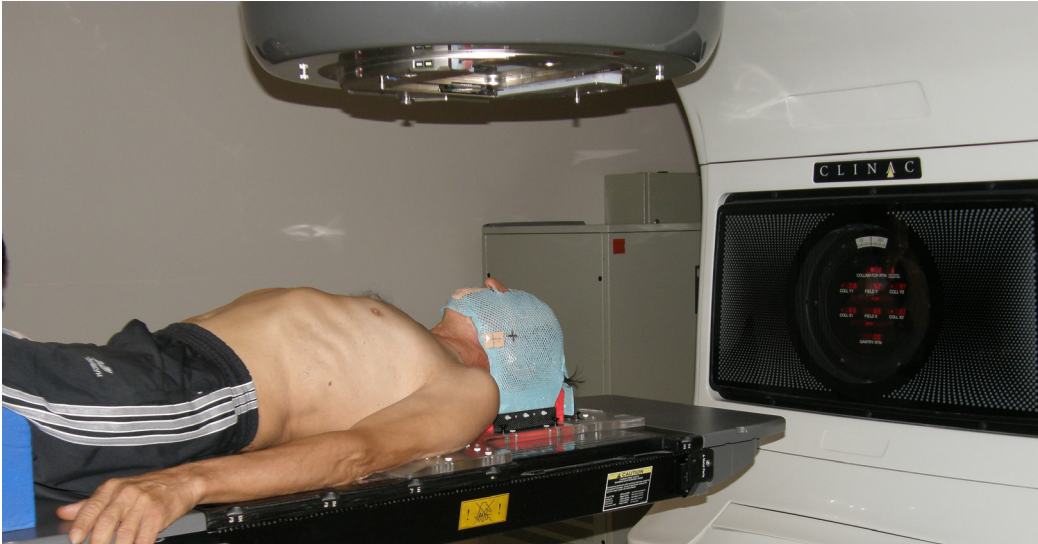
Ils se lient avec les particules du sol et se concentrent principalement dans la couche arable du sol. Ils sont solidement fixés sur des particules du sol et ne sont pas absorbés par les plantes. Lors des processus d'érosion et de dépôt, ces radionucléides se déplacent avec ces particules et peuvent servir à suivre la redistribution des sols sur de vastes zones et pendant de longues périodes. Lorsque la couche arable s'érode, la concentration de radionucléides diminue, processus que les scientifiques peuvent suivre et mesurer à l'aide de la spectrométrie gamma. Leurs analyses peuvent permettre d'identifier des changements dans les structures et les taux de redistribution des sols dans les grands bassins hydrologiques. Les scientifiques peuvent également évaluer l'efficacité des mesures de préservation des sols permettant de contrôler l'érosion. Parmi les radionucléides provenant de retombées couramment utilisés pour le suivi de l'érosion des sols figurent le césium 137, le plomb 210 et le béryllium 7, le césium 137 étant le plus courant.

Les techniques faisant appel à des isotopes stables de composés spécifiques consistent à mesurer des isotopes stables, tels que le carbone 13, que l'on trouve dans des composés organiques spécifiques liés au sol, comme les acides gras. Les acides gras proviennent de racines de plantes, de déchets d'origine animale et d'autres restes se trouvant dans les écosystèmes naturels, qui se décomposent et se mêlent à la matière organique des sols. Ces composés présentent des signatures isotopiques stables uniques, qui sont presque assimilables à des empreintes digitales. Chaque composé chimique ayant une composition isotopique spécifique, une analyse de la teneur en carbone 13 permet de révéler l'origine du sol érodé. En établissant un lien entre les empreintes de carbone 13 de l'utilisation des terres et les sédiments présents dans les zones de dépôt, cette technique permet de déterminer les sources du sol érodé et les zones sujettes à la dégradation des sols. Les autorités peuvent ainsi préserver en priorité les sols des zones les plus exposées à l'érosion.



# Modernisation des services de radiothérapie en République de Moldova

Par Aabha Dixit



**Un patient atteint d'un cancer de la tête et du cou est traité au moyen d'un linac à l'Institut d'oncologie de Moldova.**

(Photo : Institut d'oncologie, Moldova)

Avec le soutien de l'AIEA, la République de Moldova traite chaque année plus de 11 000 nouveaux cas de cancers, qui sont toutefois souvent diagnostiqués à un stade avancé, lorsque les chances de guérison sont plus faibles. Près de la moitié des malades concernés reçoivent aujourd'hui une radiothérapie à l'Institut d'oncologie et au Centre clinique national, nouvellement équipés, situés à Chisinau, la capitale du pays.

« L'objectif du programme national de lutte contre le cancer pour 2016-2025 est de réduire de 7 % la mortalité due au cancer », explique Rodica Mindruta-Stratan, chirurgienne oncologue en chef à l'Institut d'oncologie et responsable du programme national de lutte contre le cancer au Ministère de la santé de ce pays. « Malgré les améliorations récentes en matière de diagnostic précoce, les tumeurs ont tout de même entraîné plus de 6 000 décès en 2016, représentant la deuxième cause de mortalité », ajoute-t-elle.

Le programme national de lutte contre le cancer prévoit d'accroître l'accès aux services de diagnostic précoce, de dépistage, de prévention et de traitement. « L'objectif du gouvernement est de diagnostiquer 25 % de cancers en plus aux stades I et II et de faire en sorte qu'au moins 80 % des patients aient accès à des services de diagnostic, de traitement et de soins continus de qualité d'ici 2025 », précise-t-elle.

Depuis le milieu des années 2000, l'AIEA travaille en étroite collaboration avec les autorités moldaves en vue d'améliorer les services de radiothérapie et de médecine nucléaire. « Le pays connaît des difficultés importantes dans le domaine des soins de santé, notamment en ce qui concerne le diagnostic et le traitement du cancer », explique Ludmila Wiszczor, responsable de la gestion de programmes à l'AIEA qui travaille avec la République de Moldova.

## Expansion des services de radiothérapie

Au cours des quinze dernières années, la Moldova a bénéficié de l'assistance de l'AIEA en vue de se doter des capacités nécessaires pour mettre en œuvre de nouvelles technologies et améliorer l'assurance de la qualité dans les domaines de la médecine nucléaire, du radiodiagnostic et de la radiothérapie. D'après Ludmila Wiszczor, l'appui à la modernisation des services de médecine nucléaire à l'Institut d'oncologie et au Centre clinique national était une priorité pour le Gouvernement moldave. La situation était critique : en raison du manque de fonds disponibles pour la rénovation et la modernisation des installations, les deux hôpitaux ont dû fermer les portes de leurs services de diagnostic de médecine nucléaire, qui étaient obsolètes et non opérationnels. Mais l'assistance de l'AIEA a permis de les réouvrir.

Grâce à l'étroite coopération avec l'Agence, un appareil de tomodensitométrie (CT), à l'aide duquel les radiologues peuvent diagnostiquer plus facilement les cancers et d'autres maladies graves, a été installé au Centre clinique national. Un deuxième appareil devrait être mis en place à l'Institut d'oncologie plus tard dans l'année.

La tomodensitométrie permet d'obtenir des images du corps sous différents angles au moyen d'un appareil à rayons X spécial. Les informations sont ensuite traitées par ordinateur en vue d'obtenir une coupe transversale des tissus du corps et des organes.

L'appui de l'AIEA a aussi permis d'installer le premier appareil de radiothérapie moderne – un accélérateur linéaire – à l'Institut d'oncologie. « L'accélérateur linéaire a contribué



à améliorer les services de radiothérapie du pays et à accroître l'accès à ceux-ci », affirme Rodica Mindruta-Stratan.

En 2011, l'AIEA avait également aidé à mettre en place un appareil de tomographie d'émission monophotonique (SPECT) à l'Institut d'oncologie, facilitant l'accès des patients aux examens de diagnostic nucléaires modernes. L'installation d'un appareil de SPECT/CT au Centre clinique national en 2013 a permis à ce dernier de réouvrir son service de médecine nucléaire et de réaliser des examens plus précis et plus complexes chez des patients atteints de divers cancers.

Les services de radiothérapie modernisés sauvent de nombreuses vies. « Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), le nombre de patients chez qui un cancer de stade III ou IV (lorsque les chances de guérison sont faibles) a été diagnostiqué a nettement diminué entre 2000 et 2016, passant de 70 % à 55 %, et ce notamment grâce au nouveau matériel et à la formation fournis par l'AIEA », déclare Rodica Mindruta-Stratan.

## Formation et renforcement des compétences

En République de Moldova, les praticiens travaillant en médecine nucléaire et en radiothérapie ont un accès restreint à la formation théorique et pratique, ce qui crée d'énormes lacunes médicales dans la prise en charge du cancer.

« En travaillant avec l'AIEA pour obtenir une formation spécialisée et renforcer les compétences, nous avons pu créer un groupe de professionnels comprenant des oncologues radiothérapeutes, des physiciens médicaux et des manipulateurs en radiothérapie formés afin de satisfaire nos exigences en matière de soins de santé », explique Rodica Mindruta-Stratan.

La participation actuelle du pays aux activités de coopération technique de l'AIEA vise à garantir que le personnel reçoit une formation adéquate pour utiliser au mieux le nouveau matériel ultramoderne. Rodica Mindruta-Stratan ajoute que le programme national de prise en charge du cancer dépend largement de la participation du personnel médical à des programmes de bourses et à des visites scientifiques visant à renforcer leurs capacités et à développer leurs compétences en matière de techniques d'examen diagnostique en médecine radiologique.

Le pays a aussi grandement bénéficié du partenariat avec le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), institution spécialisée de l'OMS, pour surmonter les obstacles en matière de lutte anticancéreuse. La mise en place par l'Institut d'oncologie d'un registre du cancer en ligne, grâce à l'appui de l'AIEA, de l'OMS et du CIRC, a été une autre réussite importante. Cet outil permet de suivre l'évolution des doses reçues par les patients pendant leur traitement à l'Institut.

Le Ministère de la santé, du travail et de la protection sociale a organisé des campagnes anti-cancer pour sensibiliser le public à la maladie, et notamment au rôle important de la radiothérapie dans la lutte contre le cancer. Ces campagnes promeuvent en outre des modes de vie sains et proposent des examens médicaux gratuits.

« Afin de rehausser la qualité des services sanitaires de lutte contre le cancer, il est indispensable d'améliorer les conditions de travail, de mettre en œuvre de nouvelles technologies rentables et de procéder à un suivi accru des facteurs de risque sanitaires », conclut Rodica Mindruta-Stratan.

## EN SAVOIR PLUS

### La radiothérapie

La radiothérapie est l'un des principaux types de traitement du cancer. Elle consiste à utiliser des rayonnements ionisants pour détruire les cellules cancéreuses et limiter leur croissance. Le traitement est effectué par une équipe d'experts ayant de nombreuses années d'expérience en radio-oncologie, en physique médicale et en technologie de la radiothérapie.

La radiothérapie peut être administrée de façon externe ou interne. Dans le cas de la radiothérapie externe (ou téléthérapie), des faisceaux de rayonnements externes sont

dirigés sur les parties du corps à traiter. Les faisceaux sont en général générés par un accélérateur linéaire (linac) ou un appareil de télécobalt.

Les accélérateurs linéaires et les appareils de radiothérapie externe au cobalt 60 ( $^{60}\text{Co}$ ) font partie du matériel le plus utilisé en téléthérapie, technique qui utilise des faisceaux de haute énergie pour tuer les cellules tumorales. Ces deux types d'appareils sont utilisés dans le traitement du cancer depuis les années 1950.

# La technologie nucléaire aide les pays à se relever après une catastrophe naturelle

Par Laura Gil



**Un infirmier utilise un nouvel appareil mobile à rayons X dans un centre de santé à Quito (Équateur) après le séisme.**

(Photo : M. Melo)

À la suite des catastrophes naturelles récentes qui ont ravagé l'Équateur, le Népal et le Pérou et, il y a à peine un an, les Caraïbes et le Mexique, l'AIEA a rapidement fourni une assistance médicale et d'autres formes d'appui utilisant la technologie nucléaire pour aider ces pays à maintenir les services indispensables dans ce contexte. La fourniture d'appareils mobiles à rayons X, de trousse de détection du virus Zika et de matériel pour la réalisation d'essais non destructifs (END) sur les infrastructures a contribué au relèvement de ces pays.

« Un séisme touche toutes les infrastructures essentielles et stratégiques : l'électricité, l'eau et les services sanitaires », affirme Rodrigo Salas Ponce, sous-secrétaire au contrôle, à la recherche et aux applications nucléaires au Ministère équatorien de l'électricité et des énergies renouvelables. « La réponse de l'AIEA à notre appel est venue à point nommé, lorsque nous en avons le plus besoin. »

En avril 2016, la côte pacifique de l'Équateur a été touchée par un séisme de magnitude 7,8 qui a détruit des bâtiments, rendu les routes impraticables et causé des inondations et des coulées de boue. Plus de 600 personnes ont perdu la vie et au moins 28 000 ont été hospitalisées. Outre d'autres infrastructures publiques endommagées par le séisme, près de dix hôpitaux et une centaine de cliniques (dont le rôle est crucial pour les interventions d'urgence) n'étaient plus en état de fonctionner.

Faisant suite à la demande d'assistance d'urgence du gouvernement, l'AIEA a immédiatement envoyé des appareils à rayons X dans les zones concernées. Dans le cadre de son programme de coopération technique et de l'Initiative sur les utilisations pacifiques, elle a fourni des systèmes mobiles numériques à rayons X, notamment des groupes électrogènes complémentaires et des détecteurs individuels. Les appareils mobiles à rayons X ont permis au personnel médical de diagnostiquer quelque 10 000 patients.

« Les soins de santé de base requièrent souvent l'imagerie diagnostique aux rayons X, en particulier après un accident », explique Enrique Estrada, médecin spécialiste de médecine nucléaire à l'AIEA. « C'est encore mieux si les médecins disposent d'un appareil mobile à rayons X pour se rendre dans des endroits reculés, jusqu'au chevet du patient, et voir ce qui se passe dans leur corps. C'est essentiel en cas de catastrophes comme les séismes : de nombreuses personnes sont victimes de collisions et ne peuvent pas bouger. »

L'AIEA a aussi envoyé des détecteurs du virus Zika à la suite d'une épidémie mineure de moustiques de l'espèce *Aedes aegypti* (vecteurs du virus) causée par le séisme à Guayaquil, sur la côte sud-ouest du pays. « Lorsque les canalisations d'eau et les systèmes d'égouts sont endommagés, les moustiques qui y vivent s'échappent et le risque de propagation de maladies augmente », précise Enrique Estrada.





À l'aide du matériel offert, basé sur la technologie dérivée du nucléaire, le personnel médical a détecté plus de 200 cas d'infection par le virus Zika, mais aussi plus de 60 cas de dengue et près de 15 cas de chikungunya, maladies toutes causées par des virus transmis par ce type de moustique.

## Assistance au Pérou et aux Caraïbes

Le même type d'assistance a été fourni au Pérou, le nord du pays ayant été largement touché par des inondations et des glissements de terrain causés par une élévation du niveau de la mer en 2017. Vingt-deux personnes ont perdu la vie et des virus transmis par le moustique *Aedes aegypti*, notamment celui responsable de la dengue, se sont propagés.

L'AIEA fournit également à la Dominique, à Antigua-et-Barbuda et à la Barbade, qui ont été touchés par des ouragans, des appareils mobiles à rayons X pour répondre aux besoins médicaux de base après que les hôpitaux de ces îles ont été détruits par les ouragans Irma et Maria en septembre 2017.

« Nous apportons une aide dans nos domaines d'expertise, tels que les diagnostics de base et l'imagerie nucléaire », précise Enrique Estrada.

## Détection de la moindre fissure dans les infrastructures à l'aide d'essais non destructifs

Après un séisme, la moindre petite fissure dans un bâtiment peut s'avérer dangereuse. Les experts se basent sur la présence de fissures pour déterminer si un bâtiment est un lieu d'habitation sûr, s'il peut être réparé ou s'il doit être démoli. Pour détecter les fissures, les experts procèdent à des essais non destructifs.

Ces techniques d'inspection sont extrêmement pratiques pour évaluer l'intégrité physique des bâtiments, des ponts et d'autres structures autonomes. Elles sont non invasives, c'est-à-dire qu'elles permettent de voir littéralement à travers les matériaux sans les détériorer et de repérer des fissures, des objets enfouis ou des fuites. Elles font appel aux techniques nucléaires, comme la radiographie aux rayons X, ainsi qu'à l'inspection visuelle, aux essais aux ultrasons et à la magnétoscopie.

« Ces techniques permettent aux experts d'obtenir des renseignements clés pour l'évaluation de la sûreté des structures d'un bâtiment, de façon à ce que des réparations puissent être effectuées, si nécessaire », explique Sebastián Lápida, ingénieur civil à l'AIEA. Ses pairs et lui se sont rendus au Mexique après le séisme de septembre 2017, qui

a provoqué l'effondrement de centaines de bâtiments et tué quelque 300 personnes. Ils ont formé des experts nationaux et les ont aidés à évaluer l'intégrité de bâtiments importants.

En Équateur, les END ont aussi permis aux autorités d'évaluer la sûreté des bâtiments les plus endommagés après le séisme de 2016. Aujourd'hui, des experts construisent le premier centre régional d'END à Quito, la capitale, pour mettre leur savoir-faire à la disposition de toute l'Amérique latine.

L'Agence a offert pour la première fois en avril 2015 du matériel et des techniques pour END à un pays pour l'aider à se relever après une catastrophe naturelle : il s'agissait du Népal, qui avait été frappé par un séisme de magnitude 7,8 faisant 9 000 morts et presque 20 000 blessés. Cinq cents bâtiments se sont effondrés et près de 300 000 autres ont subi des dommages partiels.

Immédiatement après le séisme, une équipe d'experts dirigée par l'AIEA s'est rendue dans ce pays montagneux pour aider les autorités locales à évaluer les infrastructures clés, comme les hôpitaux et les ponts, en procédant à des END. Les résultats de ces essais ont permis aux experts népalais de prendre des décisions importantes concernant, par exemple, les bâtiments à démolir ou à réparer.

« Même si les infrastructures civiles publiques importantes sont restées debout, sans procéder à des END, nous ne pouvions pas savoir si elles présentaient des défauts cachés pouvant constituer des risques », déclare Mani Ram Gelal, directeur général adjoint du Département du développement urbain et de la construction au Ministère népalais du développement urbain. « Pour un pays comme le nôtre, situé à la jonction de deux plaques tectoniques, il existe toujours un risque élevé de séisme et, qui plus est, nous sommes dans une zone sujette à d'autres types de catastrophes naturelles », poursuit-il.

Non seulement l'AIEA a fourni du matériel nécessaire aux soins de santé et aux END pour les infrastructures importantes, mais elle a aussi aidé à renforcer les capacités régionales en Amérique latine et en Asie pour faire face aux catastrophes naturelles.

Dans le cadre d'un projet financé par l'Initiative sur les utilisations pacifiques, l'AIEA a organisé en 2017, au Japon, des cours visant à améliorer les capacités des États Membres d'Asie en matière d'END. Un projet analogue en faveur de l'Amérique latine est en cours.

# Introduction de l'électronucléaire au Bangladesh avec l'aide de l'AIEA

Par Matt Fisher



**La première centrale nucléaire du Bangladesh a été mise en chantier le 30 novembre 2017.**

(Photo : Arkady Sukhonin/Rosatom)

La mise en chantier du premier réacteur nucléaire du Bangladesh, le 30 novembre 2017, représente une étape importante d'un processus qui a été lancé il y a dix ans afin que le huitième pays le plus peuplé du monde puisse bénéficier des avantages de l'énergie nucléaire. Grâce à l'aide de l'AIEA, le Bangladesh est sur le point de devenir le troisième pays « primo-accédant » à l'électronucléaire en 30 ans, après les Émirats arabes unis en 2012 et le Bélarus en 2013.

Le Bangladesh met actuellement en œuvre un programme de développement ambitieux et multidimensionnel dans le but de devenir un pays à revenu intermédiaire d'ici 2021, et un pays développé d'ici 2041. Une importante augmentation de la production d'électricité, visant à connecter 2,7 millions de foyers supplémentaires au réseau d'ici 2021, est l'objectif de cet effort de développement, et l'énergie nucléaire jouera un rôle clé dans ce domaine, a déclaré Mohammad Shawkat Akbar, directeur général de la Compagnie de la centrale nucléaire du Bangladesh. Il a ajouté que le Bangladesh s'efforçait aussi de diversifier son bouquet en énergie afin d'améliorer la sécurité énergétique et de réduire sa dépendance à l'égard des importations et de ses ressources nationales limitées.

« Le Bangladesh adopte l'énergie nucléaire afin de produire une électricité sûre, respectueuse de l'environnement et économiquement viable », explique M. Akbar. La centrale de

Rooppur, à 160 kilomètres au nord-ouest de Dhaka, sera composée de deux unités d'une puissance combinée de 2 400 MW(e). Sa construction est assurée par une filiale de la société nationale russe d'énergie atomique, ROSATOM. La première unité devrait être mise en service en 2023 et la seconde en 2024. « Ce projet renforcera le développement du potentiel social, économique, scientifique et technologique du pays », a déclaré M. Akbar.

L'objectif du pays d'accroître la production d'électricité grâce à l'énergie nucléaire sera bientôt une réalité, selon lui. « Depuis 60 ans, le Bangladesh rêve de construire sa propre centrale nucléaire. La centrale nucléaire de Rooppur permettra non seulement d'assurer une production d'électricité de base stable, mais elle nous permettra aussi d'améliorer nos connaissances et d'accroître notre efficacité économique. »

## Étapes du nucléaire

Le Bangladesh fait partie de la trentaine de pays qui envisagent ou prévoient de se lancer dans l'électronucléaire, ou qui ont déjà débuté le processus. L'AIEA les aide à élaborer leurs programmes grâce à l'approche par étapes, méthode permettant d'obtenir des conseils sur l'introduction de l'électronucléaire dans les pays primo-accédants, y compris sur l'infrastructure associée. Elle s'attache à souligner, le cas





**Une fois achevées, les deux tranches de la centrale nucléaire de Rooppur produiront une puissance combinée de 2 400 MWe.**

(Photo : Arkady Sukhonin/Rosatom)

échéant, les lacunes dans les progrès des pays en vue de l'introduction de l'électronucléaire.

L'AIEA a aidé le Bangladesh à mettre en place son infrastructure électronucléaire, notamment à établir un cadre réglementaire et à mettre au point un système de gestion des déchets radioactifs. L'aide a été fournie dans le cadre du programme de coopération technique de l'AIEA et est financée en partie par l'Initiative sur les utilisations pacifiques.

L'infrastructure nucléaire est complexe et comprend des éléments gouvernementaux, juridiques et réglementaires ainsi que des éléments de gestion, en plus de l'infrastructure physique. L'approche par étapes se compose de trois phases, dont chacune doit s'achever par l'accomplissement d'une étape.

La première phase comprend un examen préparatoire préalable à la prise de décision relative au lancement d'un programme électronucléaire, et se termine par un engagement officiel concernant le programme. La deuxième phase comprend des travaux préparatoires relatifs à la passation de marché et à la construction d'une centrale nucléaire, et s'achève avec le début des appels d'offres ou des négociations contractuelles concernant la construction. La phase finale comprend des activités liées à la réalisation de la centrale nucléaire, telles que la décision finale relative à l'investissement, la passation de marché et la construction. La durée de ces phases varie d'un pays à l'autre, mais elle est généralement comprise entre 10 et 15 ans.

« Le document sur l'approche par étapes de l'AIEA sert d'orientation, et le plan de travail intégré (PTI) permet de réunir toutes les parties prenantes au Bangladesh afin de veiller au respect de toutes les prescriptions en matière de sûreté, de sécurité et de garanties du projet de

la centrale nucléaire de Rooppur », a déclaré Akbar. Ce plan de travail intégré a permis au Bangladesh de mettre au point une approche globale pour la mise en œuvre des orientations de l'AIEA et pour la coopération avec les parties prenantes nationales et d'autres partenaires bilatéraux en vue de l'élaboration d'un programme électronucléaire national.

### Mission INIR

L'examen intégré de l'infrastructure nucléaire (INIR) est un examen global effectué par des pairs visant à aider les États Membres à évaluer l'état de leur infrastructure nationale en vue de l'introduction de l'électronucléaire. L'AIEA a achevé sa première mission INIR au Bangladesh en novembre 2011 et formulé des recommandations sur la manière d'élaborer un plan permettant de mettre en place l'infrastructure nucléaire. Près de cinq ans plus tard, en mai 2016, une mission de suivi a été effectuée pour constater les progrès réalisés : le Bangladesh avait, dans cet intervalle, créé un organisme de réglementation nucléaire, choisi un site pour la centrale électrique et achevé la caractérisation du site et l'évaluation de l'impact environnemental.

« L'AIEA et d'autres organismes, y compris ceux des pays expérimentés en la matière, peuvent apporter un soutien et le font, mais le gouvernement sera responsable de la sûreté et de la sécurité », a déclaré Dohee Hahn, directeur de la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA, lors de la cérémonie organisée à l'occasion de la première coulée du béton visant à assurer la sûreté nucléaire, qui s'est tenue à Rooppur le 30 novembre 2017. « L'AIEA est prête à continuer d'aider le Bangladesh à mettre au point un programme électronucléaire sûr, sécurisé, pacifique et durable », a-t-il ajouté..



# Malaisie : de petites entreprises accèdent aux chaînes de valeur mondiales grâce au radiotraitement

Par Miklos Gaspar



**Des câbles comme ceux-ci, produits par Wonderful Ebeam Cable, sont utilisés dans le compartiment du moteur de voitures. Ils sont rendus thermorésistants et ignifuges grâce à l'irradiation.**

(Photo : M. Gaspar/AIEA)

Nombre de petites et moyennes entreprises (PME) cherchent à intégrer une chaîne de valeur mondiale en vue de tirer pleinement parti des avantages de la mondialisation et d'augmenter leur profit. Répondre aux exigences qualitatives des grandes multinationales n'est cependant pas facile pour la plupart des PME, dont les budgets sont extrêmement serrés. L'agence nucléaire nationale, Nuklear Malaysia, a donc entrepris de les aider.

Grâce à l'appui de celle-ci, Wonderful Ebeam Cable Sdn Bhd est la première PME nationale à fournir des câbles au secteur automobile malaisien, en pleine expansion. « La technologie des rayonnements nous a permis d'améliorer notre ligne de produits et de répondre aux exigences des constructeurs automobiles », déclare Ir Chan Chang Choy, directeur général de la société. « J'ai ainsi pu développer mon activité et augmenter les effectifs. »

En raison de la température élevée du moteur, les câbles utilisés dans le compartiment où se trouve celui-ci doivent être thermorésistants et ignifuges afin qu'ils ne prennent pas feu. Pour renforcer la thermorésistance et les propriétés ignifugeantes de la gaine isolante des câbles en cuivre, il faut réticuler les polymères de cette gaine de

manière à ce qu'ils forment un maillage extrêmement serré de chaînes entrelacées (voir l'encadré « En savoir plus »). L'utilisation d'isolants réticulés entraîne une augmentation de la température des câbles pendant le fonctionnement : celle des câbles en polychlorure de vinyle (PVC), par exemple, passe de 75 °C pour les PVC ordinaires à 100 °C pour les PVC réticulés.

La réticulation peut être obtenue grâce à une méthode chimique, mais le processus requiert des températures élevées. L'autre méthode, la réticulation par irradiation de polymères, permet d'établir des liaisons permanentes entre les chaînes de polymère à température ambiante, ce qui réduit les coûts.

« Aucune PME malaisienne ne dispose de la technologie nécessaire à cette irradiation, et les banques sont réticentes à accorder des prêts pour l'achat d'appareils d'irradiation », affirme Ir Chan Chang Choy. « Ces appareils sont chers et ne constituent pas une garantie valable, car comme il n'existe pas de marché d'occasion des appareils d'irradiation, il est impossible de les revendre en cas de faillite de l'entreprise », explique-t-il.



Néanmoins, chez Nuklear Malaysia, on irradie les produits de petites entreprises comme celle d'Ir Chan Chang Choy pour un faible coût.

« L'industrie automobile est depuis longtemps considérée comme l'un des secteurs essentiels à la réalisation de l'objectif de la Malaisie, qui aspire à devenir un pays industrialisé d'ici 2020 », affirme Zulkafli Ghazali, directeur de la technologie du radiotraitement à Nuklear Malaysia. « À cette fin, il est nécessaire de posséder des capacités nationales de production de câbles ». L'agence nucléaire apporte son soutien au Programme de PME du gouvernement destiné à accélérer la croissance des PME et à accroître leur contribution à l'économie nationale, la faisant passer de 32 % du PIB en 2010 à 41 % en 2020.

Trois fois par semaine, l'entreprise Wonderful Ebeam Cable envoie ses produits à l'installation d'irradiation de Nuklear Malaysia. Quelques jours plus tard, elle récupère les câbles, qui sont alors prêts à être utilisés par les constructeurs automobiles.

Nuklear Malaysia collabore avec plusieurs PME dans divers domaines du radiotraitement. Elle utilise des rayonnements

ionisants, comme les rayons gamma et les faisceaux d'électrons, pour modifier les caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques de matériaux en vue d'accroître leur utilité et leur valeur, ou de réduire leur impact sur l'environnement. Le radiotraitement sert principalement à modifier des plastiques et des caoutchoucs, à stériliser des appareils médicaux et des produits de consommation, à conserver des aliments et à réduire la pollution de l'environnement.

Dans le cadre de divers projets de recherche collaborative et de coopération technique de l'AIEA, les scientifiques de Nuklear Malaysia ont pu perfectionner les technologies utilisées dans le radiotraitement en collaborant avec des experts du monde entier. « Grâce à l'AIEA, l'expertise mondiale devient disponible localement », déclare Zulkafli Ghazali.

L'AIEA aide les États Membres à renforcer leurs capacités d'utilisation des techniques radiologiques favorisant des procédés industriels plus propres et plus sûrs. Nuklear Malaysia a participé à de nombreux projets similaires. En 2006, elle a été désignée comme centre collaborateur de l'AIEA spécialisé dans le radiotraitement des polymères naturels et des nanomatériaux.

## EN SAVOIR PLUS

### Le radiotraitement

La technologie des rayonnements peut être utilisée pour modifier divers matériaux. Les changements qu'elle provoque dans leurs propriétés peuvent avoir un large éventail d'applications commerciales.

On utilise différentes sources de rayonnements pour modifier les matériaux, telles que des sources d'isotopes radioactifs de haute intensité, des accélérateurs d'électrons de différents niveaux d'énergie et les rayons X qu'ils produisent. L'irradiation est également utilisée pour le greffage.

La principale application commerciale de cette technologie est la réticulation des chaînes de polymères, utilisée dans la fabrication de matériaux d'isolation des fils et des câbles, de pneus de voiture ou de latex de caoutchouc naturel pour des dispositifs médicaux tels que des gants. Cette technique permet d'obtenir des matériaux présentant des propriétés

supérieures sans avoir besoin de recourir à des produits chimiques toxiques.

La réticulation est l'établissement d'une liaison entre deux chaînes de polymères, laquelle modifie les caractéristiques physiques de ces polymères. La réticulation de longues molécules de caoutchouc, par exemple, entraîne une diminution de la souplesse et une augmentation de la dureté et du point de fusion.

Les tubes thermorétractables, les emballages alimentaires et les appareils de chauffage autorégulés sont d'autres applications commerciales que l'on trouve un peu partout dans le monde. Les polymères réticulés solubles dans l'eau, aussi appelés hydrogels, sont commercialisés et utilisés comme pansements, notamment pour les brûlures et les ulcères diabétiques.



# Derrière les portes du centre de recherche international SESAME

Aabha Dixit (texte) et Dean Calma (photos)



**1** Le Centre international de rayonnement synchrotron pour les sciences expérimentales et appliquées au Moyen-Orient (SESAME) est une installation de recherche nucléaire qui a été inaugurée en mai 2017 dans le cadre d'un projet régional mis en place avec l'aide de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). À travers son programme de coopération technique, l'AIEA a fourni des conseils et un appui technique lors de la conception de l'installation.

**2** « SESAME est une réussite tant sur le plan scientifique que sur celui des relations internationales et doit son succès à l'intérêt et à la confiance qu'ont témoigné tous ceux qui ont participé au projet », déclare Khaled Toukan, président de la Commission jordanienne de l'énergie atomique. SESAME compte les pays suivants parmi ses membres : Autorité palestinienne, Chypre, Égypte, Iran, Israël, Jordanie, Pakistan et Turquie.



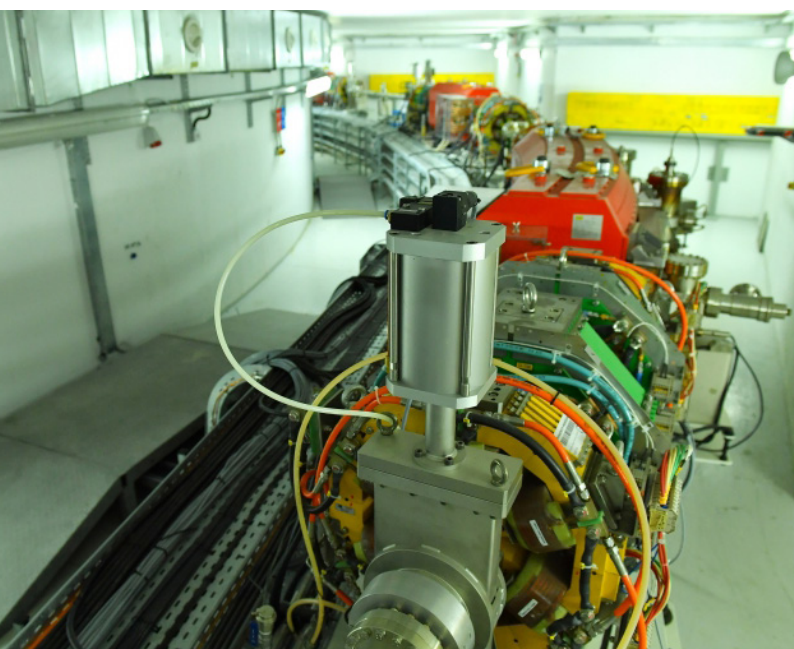




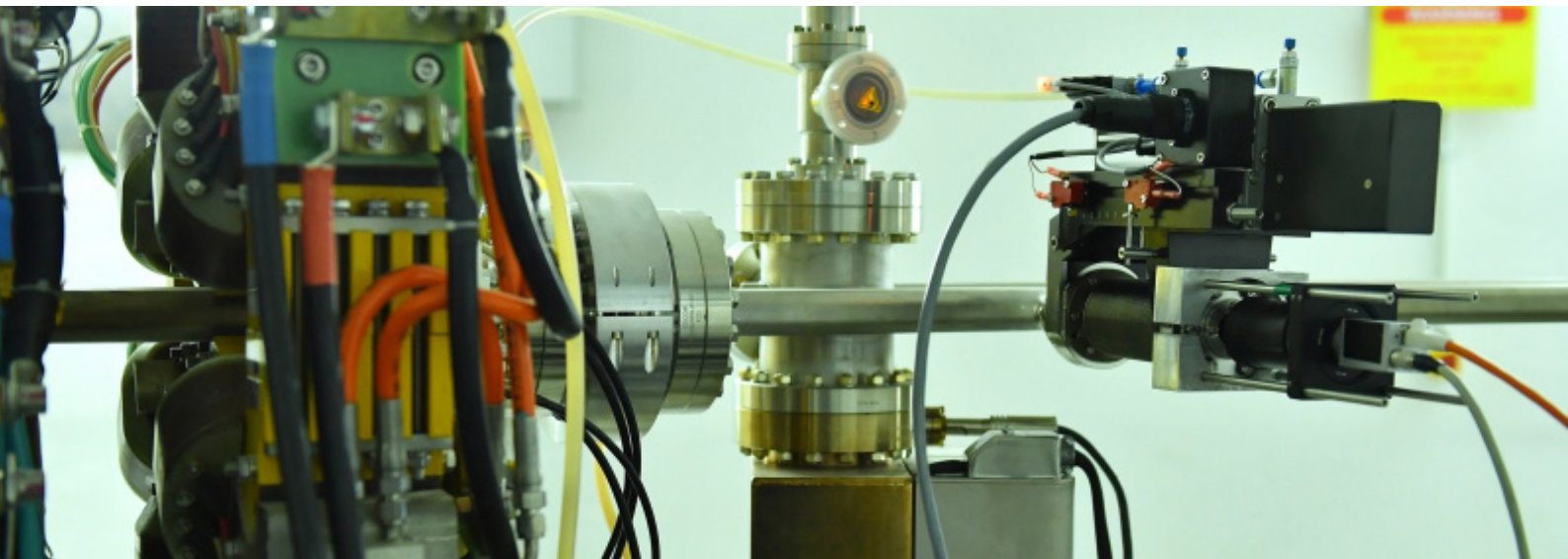
**3** C'est dans l'anneau de stockage interne de l'installation que les électrons amorcent le mouvement circulaire grâce auquel ils atteignent les 2,5 GeV d'énergie nécessaires. Équipé d'aimants défocalisants et focalisants, l'anneau de stockage interne, ou accélérateur, permet aux faisceaux d'électrons de circuler et de gagner en vitesse. L'éventail des différents types de faisceaux lumineux produits est large : micro-ondes, rayonnement infrarouge, rayonnement visible, rayonnement ultraviolet, rayons gamma et rayons X.

**4** L'AIEA a contribué à la mise en service des aimants du SESAME en proposant des formations dans des domaines tels que la technologie des lignes de lumière ou l'installation, la mise en place et les essais des équipements.

**5** Erhard Huttel, directeur technique du SESAME, explique comment les faisceaux d'électrons sont injectés dans le synchrotron après avoir été accélérés. Les synchrotrons génèrent des rayonnements électromagnétiques en faisant circuler des électrons à une vitesse proche de celle de la lumière.







6

Les faisceaux électromagnétiques traversent ces tubes hermétiques sous vide avant d'arriver dans les cabines d'expériences.



7

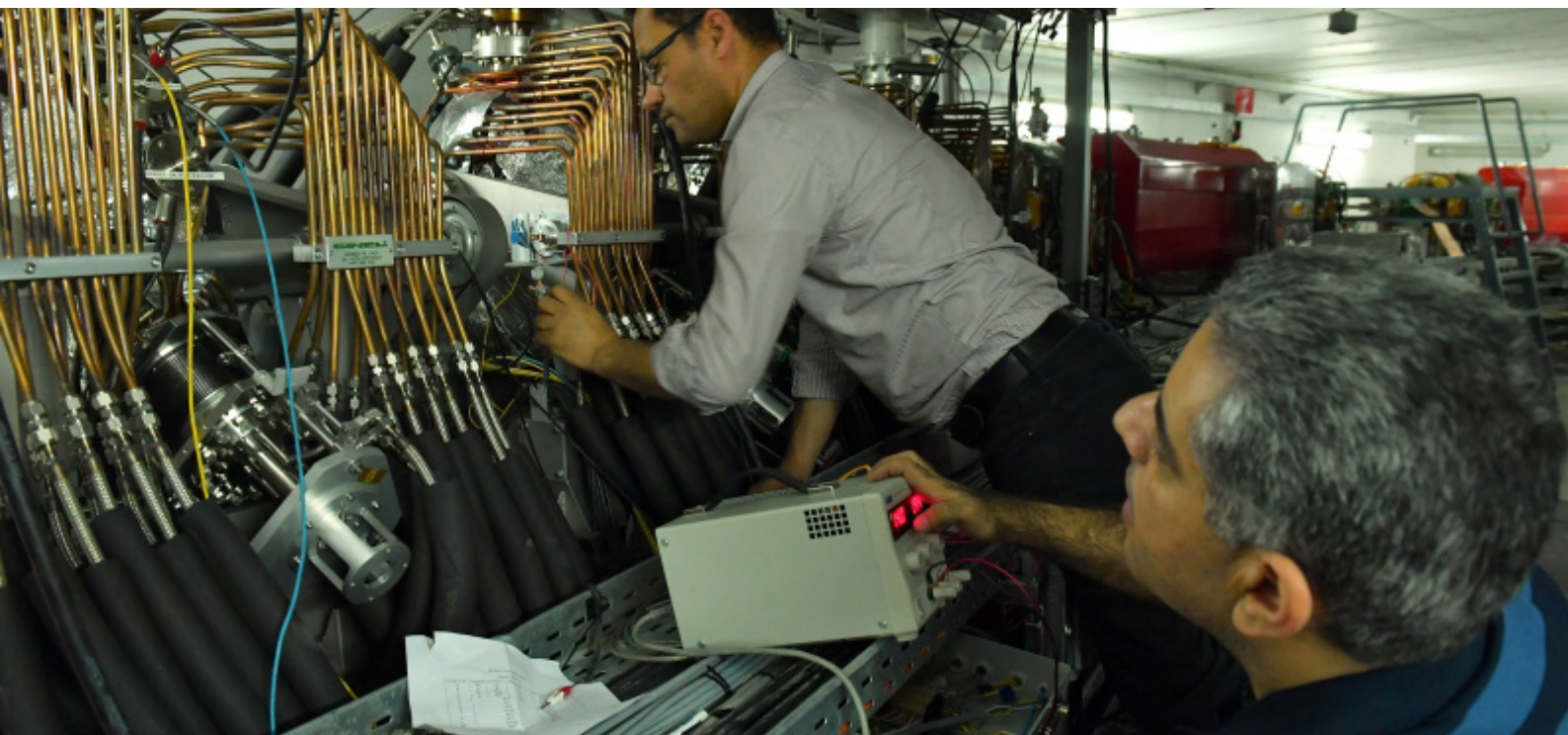
Le SESAME permet à des scientifiques, y compris des étudiants et des chercheurs universitaires, de venir participer à des expériences basées sur le rayonnement synchrotron et d'analyser les données obtenues dans des disciplines aussi variées que la biologie, l'archéologie, la physique, la chimie ou les sciences médicales. Ceux-ci peuvent également prendre part à des travaux de recherche sur les propriétés fondamentales des matériaux.

8

En ce qui concerne la sûreté, un toit blindé spécialement conçu pour le centre protège le personnel contre les rayonnements et isole les anneaux de stockage dans lesquels circulent les lignes de lumière électromagnétiques.







**9** Des membres du personnel contrôlent les systèmes d'alimentation électrique situés sur la partie externe de l'anneau de stockage.

**10** Messaoud Harfouche, spécialiste des lignes de lumière XRF/XAFS, contrôle le système de spectroscopie de fluorescence X du réacteur. Grâce à la lumière synchrotron, la cabine de spectroscopie de fluorescence X permet de mener des travaux de recherche et de dispenser des formations portant sur des applications très diverses.



**11** Gihan Kamel, spécialiste égyptienne des lignes de lumière infrarouge, travaille dans le laboratoire de faisceaux infrarouges. Les travaux de recherche et les formations rendues possibles par la ligne de lumière infrarouge du SESAME aident la communauté scientifique de la région à mieux comprendre le fonctionnement et les applications de la ligne de lumière.





## L'Initiative sur les utilisations pacifiques

Lancée en 2010, l'Initiative sur les utilisations pacifiques joue aujourd'hui un rôle fondamental dans la mobilisation de contributions extrabudgétaires, en complément du Fonds de coopération technique, pour appuyer divers projets de coopération technique et d'autres projets non financés de l'AIEA en lien avec les applications pacifiques de la technologie nucléaire.

Les ressources supplémentaires collectées dans le cadre de cette initiative ont contribué à la mise en place d'un large éventail d'activités de l'AIEA destinées à promouvoir des objectifs de développement de grande envergure dans les États Membres, dans des domaines tels que la sécurité alimentaire, la gestion des ressources en eau, la santé humaine et animale (notamment par la mise en place d'un réseau de laboratoires de diagnostics vétérinaires en Afrique et en Asie), le développement de l'infrastructure électronucléaire et la sûreté nucléaire. Nombre de ces activités n'auraient pu être financées sans cette initiative.

L'Initiative sur les utilisations pacifiques a également permis à l'AIEA d'apporter une réponse plus rapide et mieux adaptée aux priorités nouvelles des États Membres, ainsi qu'à des besoins inattendus et à des situations d'urgence imprévues. Cela a été démontré lors des interventions menées par l'AIEA pendant les épidémies de fièvre Ebola en Afrique de l'Ouest et de maladie à virus Zika dans la région Amérique latine et Caraïbes, de même qu'à la suite de catastrophes naturelles survenues en Asie et en Amérique latine.

En février 2018, l'Initiative sur les utilisations pacifiques avait contribué à la mobilisation de plus de 100 millions d'euros — versés par 24 États Membres, la Commission européenne et le secteur privé —, qui ont été mis à profit dans plus de 250 projets réalisés dans quelque 150 États Membres.

L'AIEA poursuivra ses travaux afin de continuer à promouvoir les avantages qu'offrent les utilisations pacifiques de la science et de la technologie nucléaires, et de contribuer ainsi à mettre l'atome au service de la paix, du développement et de la réalisation, par les États Membres, des objectifs de développement durable.

**Les techniques nucléaires et dérivées du nucléaire peuvent permettre d'améliorer la santé et la production des animaux d'élevage tout en contribuant à la lutte contre les maladies animales.**

(Photo : N. Jawerth/AIEA)



**Des vétérinaires de Bangui (République centrafricaine) utilisent des techniques dérivées du nucléaire pour détecter des maladies qui se transmettent de l'animal à l'homme, notamment la fièvre Ebola. L'AIEA aide à équiper les laboratoires et forme des scientifiques à l'utilisation de ces techniques.**

(Photo : L. Gil/AIEA)





## Comment verser une contribution extrabudgétaire dans le cadre de l'Initiative sur les utilisations pacifiques

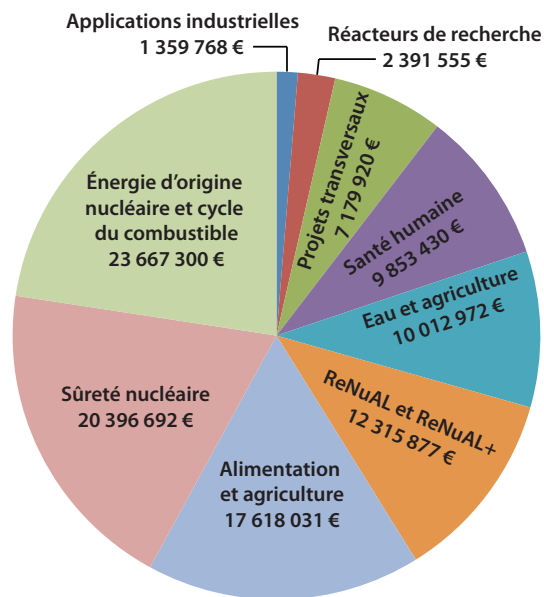
Les États Membres engagent le processus en adressant à l'AIEA une lettre de promesse, dans laquelle sont indiqués le montant de la contribution promise et l'intitulé du projet à financer, si la contribution est destinée à un projet en particulier. Il doit également être indiqué dans cette lettre que la contribution sera versée au titre de l'Initiative sur les utilisations pacifiques. Les États Membres sont encouragés à engager des consultations étroites avec le Secrétariat avant de faire une promesse officielle.

L'AIEA lance ensuite le processus d'acceptation officielle de la contribution et répond à la lettre de promesse.

Les donateurs privés qui souhaitent verser des contributions dans le cadre de l'Initiative sur les utilisations pacifiques sont encouragés à contacter le Secrétariat pour prendre connaissance de la procédure à suivre.

*Pour de plus amples informations sur l'Initiative sur les utilisations pacifiques, rendez-vous sur <https://www.iaea.org/services/key-programmes/peaceful-uses-initiative>*

## Ventilation par domaines thématiques des dotations au titre de l'Initiative sur les utilisations pacifiques



Construction d'une casemate destinée à abriter un accélérateur linéaire sur le site de l'AIEA à Seibersdorf (Autriche).

(Photo : D. Calma/AIEA)

# La modernisation des laboratoires de l'AIEA se poursuit

Par Matt Fisher

Alors que l'AIEA se dote de nouveaux moyens pour mieux répondre aux besoins des États Membres en matière de recherche appliquée, de renforcement des capacités et de services techniques liés aux applications des sciences nucléaires, le projet de modernisation des laboratoires des applications nucléaires de l'AIEA à Seibersdorf (Autriche), financé en partie par l'Initiative sur les utilisations pacifiques, est bien avancé.

Ce projet de modernisation prévoit notamment la construction de deux nouveaux bâtiments de laboratoires. Celui qui abritera le Laboratoire de la lutte contre les insectes ravageurs (IPCL) a été inauguré le 25 septembre 2017 et sa mise en service est prévue début 2019. Ce laboratoire permettra à l'AIEA de développer ses capacités d'assistance aux États Membres en matière d'utilisation de la technique de l'insecte stérile dans la lutte contre les insectes parasites.

« Grâce à ces installations nouvelles et modernes, l'IPCL pourra à l'avenir accroître son aide aux États Membres dans la lutte contre les insectes parasites qui menacent les cultures, l'élevage et la santé humaine », s'est félicité le directeur général de l'AIEA, Yukiya Amano, le jour de l'inauguration.

Le bâtiment du nouveau Laboratoire modulaire polyvalent, qui doit être inauguré d'ici la fin de 2018, abritera trois laboratoires : le Laboratoire de la protection des aliments et de l'environnement, le Laboratoire de la gestion des sols et de l'eau et de la nutrition des plantes et le Laboratoire de la production et de la santé animales.

Les contributions des États Membres au projet de modernisation se sont élevées à plus de 32 millions d'euros en fonds extrabudgétaires, dont plus de 12 millions ont été versés au titre de l'Initiative sur les utilisations pacifiques. En février 2018, 33 États Membres avaient fourni des contributions financières ou en nature. À titre de remerciement, les noms des contributeurs ont été gravés sur le mur des donateurs, situé dans le hall du nouveau bâtiment abritant l'IPCL. L'objectif sera maintenant de financer les besoins restants en matière d'infrastructure, le matériel et les activités de mise en service, ainsi que le renforcement des autres laboratoires.

Les activités visant à mobiliser des ressources auprès de nouveaux donateurs ont débouché sur un partenariat avec Varian Medical Systems prévoyant le prêt, pour une durée de dix ans, d'un accélérateur linéaire (linac) au Laboratoire de dosimétrie. Les travaux préparatoires à la construction de la casemate qui abritera ce linac ont débuté en août 2017.

L'AIEA a également reçu un appareil de chromatographie liquide rapide doté de capacités de spectrométrie de masse dans le cadre d'un accord conclu avec Shimadzu Corporation au titre de l'Initiative sur les utilisations pacifiques. Cet appareil lui permettra de renforcer son aide aux États Membres dans le domaine de la recherche et de la formation sur la sécurité sanitaire des aliments.



Inauguration du Laboratoire de la lutte contre les insectes ravageurs à Seibersdorf (Autriche) le 25 septembre 2017. De gauche à droite : Ren Wang, sous-directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ; Friedrich Däuble, représentant résident de l'Allemagne auprès de l'AIEA ; Christine Stix-Hackl, représentante permanente de l'Autriche auprès de l'Organisation des Nations Unies ; Yukiya Amano, directeur général de l'AIEA ; Darmansjah Djumala, représentant permanent de l'Indonésie auprès de l'Organisation des Nations Unies et Tebogo Seokolo, représentant permanent de l'Afrique du Sud auprès de l'Organisation des Nations Unies. (Photo : D. Calma/AIEA)



## Les experts soulignent l'importance d'une approche multidisciplinaire faisant appel à des techniques nucléaires lors de la manifestation organisée à l'occasion de la Journée mondiale du cancer

Lors d'une table ronde organisée à l'occasion de la Journée mondiale du cancer, des experts de renommée mondiale ont souligné qu'il importait de favoriser la synergie entre diverses techniques nucléaires dans la prévention, le diagnostic et le traitement du cancer.

« Nous nous efforçons d'améliorer continuellement les services que nous proposons aux États Membres afin d'aider ces derniers à mieux prendre en charge leurs populations et à leur donner de l'espoir », a déclaré Yukiya Amano, directeur général de l'AIEA. « Des experts de l'ensemble des départements techniques de l'AIEA, spécialisés dans des disciplines scientifiques diverses, ont élaboré conjointement un ensemble de services afin d'aider les pays à améliorer l'accès à des traitements modernes contre le cancer », a-t-il ajouté.

Les participants à la table ronde ont débattu des diverses manières dont les techniques nucléaires peuvent être utilisées dans la prévention, le diagnostic et le traitement du cancer en vue d'aider des pays dans le monde entier à améliorer la prise en charge des patients. La discussion a porté sur quatre sujets principaux : la nutrition, le diagnostic et le suivi, la radio-oncologie et la radiothérapie, ainsi que l'assurance de la qualité.

« Des millions de personnes comptent sur nous pour faire avancer la lutte contre le cancer », a affirmé la princesse Dina Mired de Jordanie, présidente élue de l'Union internationale contre le cancer. Elle a rappelé que la volonté politique et la prise en charge adéquate de la maladie jouaient un rôle essentiel dans cette lutte.

L'AIEA soutient activement la lutte contre le cancer grâce à l'utilisation de techniques nucléaires, notamment la radiothérapie, la curithérapie et les radiopharmaceutiques servant au diagnostic. Ses efforts contribuent à la réalisation de l'objectif de développement durable 3 de

l'Organisation des Nations Unies (permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge).

« La prise en charge du cancer devrait être totale [...]. Nous avons inclus un programme de lutte contre le cancer dans notre système national de santé », a expliqué l'invitée d'honneur, Nila F. Moeloek, ministre indonésienne de la santé, qui a estimé essentiel d'assurer une collaboration et une coordination durables entre l'ensemble des parties prenantes.

Alan Jackson, président de la commission d'actualisation continue sur la nutrition et le cancer et professeur en nutrition humaine à l'Université de Southampton (Royaume-Uni), a abordé le rôle de la nutrition et de l'activité physique dans la prévention et la prise en charge du cancer.

« Diverses applications possibles des techniques isotopiques dans la prévention et le traitement du cancer sont actuellement mises au point et encouragées », a-t-il indiqué. « Une collaboration internationale concernant le lien entre nutrition et cancer commence à se mettre en place ».

Joanna Kasznia-Brown, radiologue britannique et membre du comité international de la Faculté royale de radiologie, a parlé du rôle de l'imagerie médicale dans la prise en charge du cancer, y compris lors du diagnostic et du choix du plan de traitement. « Si le cancer est détecté à un stade précoce, les résultats du traitement sont bien meilleurs », a-t-elle expliqué.

Mack Roach III, professeur en radio-oncologie et en urologie et directeur du Programme de recherche et d'information active sur la radiothérapie par particules lourdes au département de radio-oncologie de l'Université de Californie-San Francisco, a insisté sur l'importance d'une prise en charge multidisciplinaire du cancer, et notamment sur le rôle de la radiothérapie.

« La radiothérapie est à ce jour l'un des traitements les plus anciens,

les plus efficaces et les moins chers contre le cancer », a-t-il fait remarquer. « Grâce aux divers progrès en informatique, en imagerie et en science des matériaux, la précision et la sûreté de la radiothérapie ont été considérablement renforcées ».

Jake Van Dyk, président de Medical Physics for World Benefit et professeur émérite d'oncologie et de biophysique médicale à la Western University de London, en Ontario (Canada), a expliqué que l'utilisation de la physique médicale était indispensable à l'éradication progressive du cancer.

« Les physiciens médicaux jouent un rôle essentiel au sein de l'équipe de radiothérapie », a-t-il souligné. Selon lui, ils sont indispensables à la bonne évolution de l'état de santé des patients, par conséquent, la formation de la prochaine génération de physiciens médicaux, de radio-oncologues et de radiothérapeutes est une priorité.

Ntokozi Ndlovu, radio-oncologue et maître de conférences à l'Université du Zimbabwe, a abordé le rôle des techniques nucléaires dans le traitement du cancer en Afrique.

« L'AIEA a contribué au renforcement des capacités en matière de radiothérapie en Afrique », a-t-il déclaré. « Ce projet a permis la création du Réseau africain de radio-oncologie (AFRONET), initiative de télémédecine destinée à améliorer la qualité des décisions cliniques et des traitements par radiothérapie, à renforcer la formation des médecins résidents et à améliorer les résultats des traitements ».

« La manifestation organisée par l'AIEA à l'occasion de la Journée mondiale du cancer a fait prendre conscience de l'importance des avancées en médecine radiologique et de la nutrition préventive dans la lutte contre le cancer. Elle a en outre permis de mettre en rapport les scientifiques et les décideurs », a commenté May Abdel-Wahab, directrice de la Division de la santé humaine de l'AIEA.

— Par Matt Fisher

## Le Fonds OPEP verse une subvention de 600 000 dollars pour promouvoir l'utilisation de techniques nucléaires aux fins de l'amélioration de la sécurité alimentaire et de l'agriculture durable

Des pratiques agricoles améliorées, des animaux en meilleure santé et, à terme, une plus grande sécurité alimentaire, tels seront les effets des projets appuyés par une subvention de 600 000 dollars des États-Unis versée par le Fonds OPEP pour le développement international (OFID) de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) dans le cadre d'un partenariat signé avec l'AIEA en décembre dernier.

Les activités menées favoriseront l'utilisation de techniques nucléaires aux fins de l'amélioration des pratiques agricoles et bénéficieront à de nombreuses personnes, y compris des paysans pauvres, dans des pays d'Asie en développement.

Les projets sont liés à l'objectif de développement durable 2, « Faim zéro », comme l'a souligné le directeur général de l'OFID, Suleiman J. Al-Herbish, lors de la signature de l'accord au siège du Fonds, à Vienne.

« Les deux projets amélioreront la sécurité alimentaire et, à terme, la croissance économique et sociale, deux éléments essentiels du Programme de développement durable à l'horizon 2030 de l'ONU, que l'OFID soutient sans réserve », a-t-il ajouté. « Nous sommes heureux de travailler avec l'AIEA pour soutenir l'agriculture en Asie. »

### Production de riz accrue

Un montant de 400 000 dollars servira à aider les agriculteurs à cultiver un riz résistant aux effets des changements climatiques au Bangladesh,

au Cambodge, au Népal et en République démocratique populaire lao. Les pays asiatiques, qui assurent 90 % de la production mondiale de riz, ont été confrontés à des rendements fluctuants ces dernières années du fait de la hausse des températures, accompagnée de l'apparition de maladies des plantes et d'insectes ravageurs, d'inondations et de sécheresses extrêmes, ainsi que d'une élévation du niveau des mers entraînant une augmentation de la salinité des sols et une diminution de leur fertilité dans les zones côtières. Grâce aux techniques nucléaires et isotopiques, les scientifiques peuvent aider les agriculteurs à améliorer les pratiques de gestion de l'eau et à optimiser l'utilisation des engrais pour accroître les rendements à moindre coût.

L'augmentation de la productivité résultant de ces pratiques améliorées devrait avoir pour conséquence des volumes plus importants de riz de haute qualité à des prix abordables, et ainsi une sécurité alimentaire accrue pour les populations rurales des pays cibles. Les techniques améliorées contribueront aussi à réduire les émissions de gaz à effet de serre résultant de la production de riz.

### Lutte contre les maladies animales

Les 200 000 dollars restants seront consacrés à l'application de techniques apparentées aux techniques nucléaires en vue du diagnostic de la fièvre aphteuse et d'autres maladies du bétail au Cambodge, au Myanmar, en République

démocratique populaire lao et au Viet Nam. De nombreuses maladies animales sont hautement contagieuses et peuvent se propager extrêmement rapidement à l'intérieur d'un pays et au-delà de ses frontières, nuisant ainsi aux échanges commerciaux et, dans certains cas, à la santé publique. Le dépistage précoce et rapide de l'agent pathogène est essentiel pour arrêter la propagation de ces maladies. Des techniques apparentées aux techniques nucléaires servent à mettre au point des trousseaux de test pour le diagnostic de ces maladies. Les méthodes classiques permettent de détecter les virus, mais prennent beaucoup de temps et ne permettent pas d'établir le comportement ou la caractérisation génétique des virus, lesquels sont nécessaires pour une intervention rapide.

Grâce à la subvention, l'AIEA, en coopération avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), formera des vétérinaires des quatre pays au diagnostic et au traitement des maladies. Le projet bénéficiera en dernier ressort aux éleveurs et contribuera à accroître la production de bétail.

Depuis 1989, l'OFID a accordé 12 subventions d'un montant total de 2,4 millions de dollars à l'AIEA pour soutenir des projets dans les domaines de la santé et de l'agriculture en Afrique, en Amérique latine et en Asie.

— Par Miklos Gaspar

## La gestion stratégique des programmes électronucléaires nouveaux ou en cours d'extension débattue lors d'une réunion annuelle

En début d'année, une réunion de l'AIEA tenue à Vienne a permis d'examiner les difficultés rencontrées par les pays lors de l'élaboration ou de l'extension d'un programme électronucléaire. Parmi celles-ci figurent l'élaboration d'un

cadre réglementaire et juridique, l'établissement d'un organisme propriétaire/exploitant efficace impliquant toutes les parties prenantes en vue de renforcer la confiance du public dans l'électronucléaire, et la formation d'une main-d'œuvre qualifiée.

La réunion technique annuelle sur les questions d'actualité relatives au développement des infrastructures électronucléaires, qui s'est tenue du 31 janvier au 2 février 2018, a rassemblé une centaine de représentants de pays

primo-accédants, de pays qui ont déjà des centrales en exploitation et d'organisations internationales. De hauts responsables d'organismes gouvernementaux, d'organismes de réglementation et d'organismes propriétaires/exploitants qui se lancent pour la première fois dans un programme électronucléaire, ou envisagent de le faire ou d'étendre le programme existant, ont fait le point sur leurs activités et mis en commun leurs bonnes pratiques ainsi que les enseignements à tirer de leur expérience.

« En 2017, nous avons constaté des progrès remarquables dans l'élaboration de programmes électronucléaires », note Milko Kovachev, chef de la Section du développement de l'infrastructure nucléaire de l'AIEA. « Deux pays primo-accédants en matière d'électronucléaire, les Émirats arabes unis et le Bélarus, sont sur le point d'achever la construction de leurs premières centrales nucléaires. Les Émirats arabes unis seront le premier pays primo-accédant à mettre en service une centrale nucléaire depuis des années », poursuit-il. Il ajoute qu'il est essentiel que l'infrastructure nucléaire appropriée soit mise en place parallèlement à l'élaboration du projet de centrale nucléaire.

Le Bangladesh a entrepris la construction de sa première tranche en novembre 2017. La Turquie devrait bientôt lui emboîter le pas, mais attend l'approbation réglementaire requise. L'Égypte a signé les contrats de construction de sa première centrale nucléaire, tandis que d'autres pays primo-accédants en sont à différentes étapes de la phase préparatoire de mise en œuvre de leur programme électronucléaire.

Il y a eu par ailleurs des avancées notables dans des pays exploitants ayant étendu leur programme l'année dernière. « Nous pensons que des modèles avancés inédits seront mis en service cette année dans un certain nombre de pays, notamment l'AP1000 en Chine et l'EPR1600 en Chine et en France », affirme Milko Kovachev. Ces deux modèles sont des réacteurs avancés à eau sous pression.

Les participants à la réunion ont abordé plusieurs domaines importants qui relèvent de l'approche par étapes de l'AIEA, processus en trois volets servant à mettre en place l'infrastructure nécessaire à l'élaboration d'un programme électronucléaire sûr, sécurisé et durable.

Il a été indiqué aux participants que la mise en œuvre réussie d'un programme requerrait la participation de divers groupes de parties prenantes lors des différentes phases de l'élaboration de celui-ci. Les États Membres de l'AIEA font appel à une combinaison d'outils et de méthodes couramment utilisés, dont les médias sociaux, pour répondre aux besoins des parties prenantes, et cherchent à établir des relations positives et ouvertes avec les communautés locales. L'AIEA propose un large éventail de ressources d'orientation et d'activités de formation destinées aux experts nationaux et aux décideurs, et conçoit actuellement de nouveaux services, notamment un cours sur la participation des parties prenantes.

Les participants sont tombés d'accord qu'il importait de modéliser les besoins en ressources humaines dans l'élaboration de plans de dotation adéquate en personnel des organismes nationaux et ce, à différentes étapes de l'élaboration du programme. L'AIEA propose un modèle de ressources humaines pour l'électronucléaire et a déjà formé de nombreux experts nationaux à son application.

L'organisme propriétaire/exploitant pour le projet de centrale nucléaire doit être prévu dès le début et créé lors de la phase de développement du projet (phase 2 de l'approche par étapes de l'AIEA). Les participants se sont entendus sur le fait que l'organisme propriétaire/exploitant devait être un « client bien informé » doté des capacités suffisantes pour faire appel à des sous-traitants et les superviser.

La création de capacités pour le contrôle réglementaire doit être amorcée tôt, au cours de la phase d'élaboration du projet, et renforcée pendant la construction. Il est indispensable que les organismes nationaux de réglementation soient

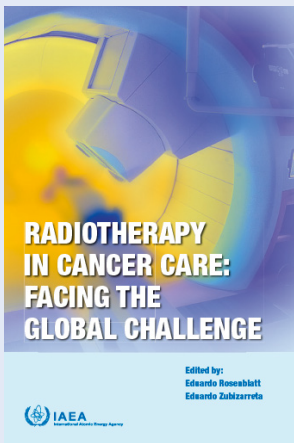
pourvus de personnel qualifié en effectif suffisant, afin qu'ils puissent mener efficacement leurs activités. L'AIEA fournit un appui et des orientations en la matière. « L'existence d'un organisme de réglementation transparent, ouvert et fiable est l'un des aspects les plus importants d'un programme électronucléaire », souligne Stewart Magruder, de la Section des activités de réglementation de l'AIEA.

Plusieurs pays envisagent le recours à la technologie des petits réacteurs modulaires dans le cadre de leurs programmes électronucléaires. Ces réacteurs avancés, qui produisent jusqu'à 300 MWe d'électricité par module, sont mieux adaptés aux petits réseaux électriques et aux emplacements reculés ou isolés. Ils se caractérisent en outre par des délais de construction plus courts et peuvent requérir un investissement initial moins important. Cependant, les participants ont reconnu que l'octroi d'autorisation impliquerait des dispositifs inédits, ce qui compliquerait les processus réglementaires. Bien qu'il existe une cinquantaine de modèles et de concepts de réacteurs de faible ou moyenne puissance ou petits réacteurs modulaires, dont trois à des stades de construction avancés, on manque d'expérience de leur exploitation. L'AIEA facilite l'échange des résultats les plus récents en recherche-développement sur cette technologie.

Des représentants de nombreux pays ont mis l'accent sur leur coopération avec l'AIEA et souligné l'importance d'une mission d'examen intégré de l'infrastructure nucléaire (INIR). « Depuis une mission INIR menée en 2017, nous savons mieux où nous allons », indique Nii Kwashi Allotey, directeur de l'Institut de l'énergie d'origine nucléaire du Ghana. « Nous travaillons désormais sur les recommandations de cette mission et avons une meilleure idée des domaines auxquels nous devons affecter plus de ressources ». À ce jour, l'AIEA a effectué 22 missions INIR dans 16 pays.

— Par Elisabeth Dyck





## La radiothérapie dans les soins anticancéreux : un enjeu mondial

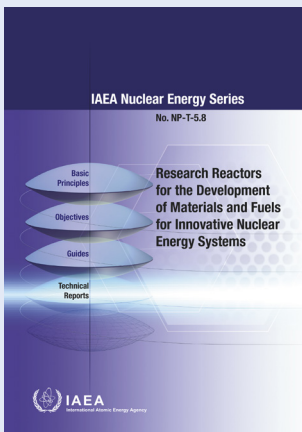
La publication intitulée *Radiotherapy in Cancer Care : Facing the Global Challenge* offre une vue d'ensemble des principaux thèmes et questions devant être pris en compte lors de l'élaboration d'une stratégie de diagnostic et de traitement du cancer, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire. Le traitement du cancer est complexe et requiert des services divers. Il est reconnu que la radiothérapie est essentielle dans le traitement de cette maladie et les soins palliatifs.

L'accès au traitement radiologique est limité dans de nombreux pays et inexistant dans d'autres. Le manque de ressources affectées au traitement par radiothérapie accroît la charge du cancer et souligne les disparités persistantes entre les pays en matière de soins de santé. Il est nécessaire de combler les écarts afin de faire face à ce problème d'inégalité en matière de santé à l'échelle mondiale.

Cette publication, qui comprend des contributions de spécialistes du domaine, présente les réalisations en matière d'utilisation de la radiothérapie comme modalité de traitement du cancer dans le monde entier, et les questions que celle-ci soulève. Elle contient des chapitres consacrés à la protonthérapie, à la radiothérapie par ions carbone, à la radiothérapie peropératoire, à la radiothérapie pour enfants et aux affections malignes liées au VIH/sida, ainsi qu'aux questions de coût et de gestion de la qualité.

Publications hors série, ISBN : 978-92-0-115013-4 ; 62,00 euros ; 2017 (en anglais)

[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10627/Cancer](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10627/Cancer)



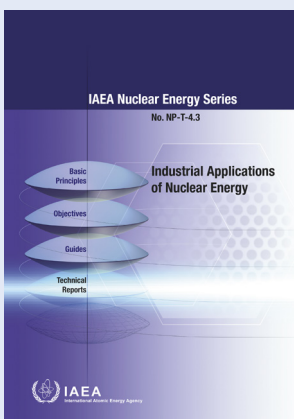
## Les réacteurs de recherche et la mise au point de matières et de combustibles destinés à des systèmes d'énergie nucléaire innovants

La publication intitulée *Research Reactors for the Development of Materials and Fuels for Innovative Nuclear Energy Systems* offre une vue d'ensemble des capacités et des moyens des réacteurs de recherche en ce qui concerne la mise au point de combustibles et de matières destinés à des réacteurs nucléaires innovants, comme les réacteurs de quatrième génération. Elle donne des informations complètes sur les possibilités de recherche relative à l'essai de matières et de combustibles de 30 réacteurs de recherche en exploitation ou en cours de mise au point. Ces informations incluent les niveaux de puissance, le mode d'exploitation, l'état actuel, la disponibilité et un historique de l'utilisation de ces réacteurs. Cette publication contient aussi un récapitulatif de ces capacités et moyens.

Des articles contenant une description technique des réacteurs de recherche, notamment de leurs caractéristiques spécifiques d'utilisation, sont réunis sur un CD-ROM et font partie intégrante de la publication. La publication a pour but de faciliter l'accès aux informations relatives aux réacteurs existants dotés de capacités de recherche relative à l'essai de matières avancées, et d'assurer ainsi l'utilisation accrue de ces réacteurs dans ce domaine.

No NP-T-5.8 de la collection Énergie nucléaire de l'AIEA, ISBN : 978-92-0-100816-9 ; 32,00 euros ; 2017 (en anglais)

[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10984/Research-Reactors](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10984/Research-Reactors)



## Applications industrielles de l'énergie nucléaire

La publication intitulée *Industrial Applications of Nuclear Energy* donne une vue d'ensemble détaillée des utilisations possibles de l'énergie nucléaire dans des systèmes ou des processus industriels requérant beaucoup de chaleur industrielle, de vapeur et d'électricité, et fournit des informations sur la configuration de réacteurs nucléaires de puissance proposée pour diverses applications industrielles. Elle décrit les concepts techniques de complexes combinant des applications nucléaires et industrielles actuellement mis au point dans plusieurs pays et présente les concepts développés par le passé qui doivent trouver une application dans des secteurs industriels importants. Elle présente aussi une analyse de la demande énergétique dans divers secteurs industriels et décrit de grandes applications industrielles possibles de l'énergie nucléaire, comme l'utilisation de vapeur industrielle pour la récupération du pétrole et dans les raffineries, ainsi que la production d'hydrogène, d'acier et d'aluminium.

No NP-T-4.3 de la collection Énergie nucléaire de l'AIEA, ISBN : 978-92-0-101417-7 ; 59,00 euros ; 2017 (en anglais)

[www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8676/Industrial)

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](mailto:sales.publications@iaea.org)



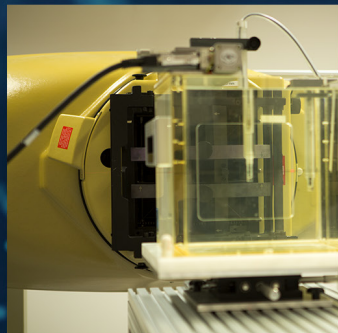
À L'OCCASION DU 60<sup>e</sup> ANNIVERSAIRE DE L'AIEA, DÉCOUVREZ LE FILM

# VOILÀ CE QUE FAIT L'AIEA

AINSI QUE HUIT AUTRES VIDÉOS SUR LE TRAVAIL DE L'AGENCE



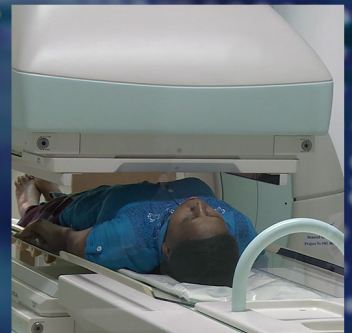
Sécurité nucléaire



Sûreté nucléaire



Énergie



Santé



Sélection végétale



Lutte contre les ravageurs



Eau



Protection des mers



**IAEA**

Agence internationale de l'énergie atomique  
*L'atome pour la paix et le développement*

POUR DEMANDER UNE COPIE  
DES FILMS DE L'AIEA, CONTACTEZ :  
[MULTIMEDIA@IAEA.ORG](mailto:MULTIMEDIA@IAEA.ORG)



Colloque international FAO/AIEA sur  
La sélection des plantes  
par mutation  
et la biotechnologie

27-31 août 2018  
Vienne (Autriche)

Organisé par



Joint FAO/IAEA Programme  
Nuclear Techniques in Food and Agriculture