

Des signes prometteurs pour le développement durable: l'apport de l'énergie nucléaire

Dans beaucoup de pays, on s'intéresse de près aux technologies nucléaires pour atteindre l'objectif d'un développement durable

par Arshad Khan,
Lucille Langlois
et Marc Giroux

Lors de la découverte de la radioactivité il y a tout juste un siècle, personne ne pouvait en prévoir la portée considérable. Cette découverte ouvrit la voie à une nouvelle branche scientifique et technologique passionnante qui a eu une incidence énorme — à la fois désastreuse et bénéfique — sur le monde. Depuis sa création, il y a 40 ans, en 1957, l'AIEA s'est occupée de près de ces deux volets de l'énergie nucléaire et de son développement international à des fins pacifiques. Les activités quotidiennes de l'Agence consistent principalement à aider les pays dans leurs efforts collectifs pour prévenir les utilisations désastreuses de l'énergie nucléaire et encourager son application sûre pour le bien-être du monde entier.

Depuis quatre décennies, d'importants progrès ont été réalisés dans plusieurs domaines, comme l'énergie et l'environnement, la médecine, l'agriculture et l'industrie, où les techniques faisant appel à l'énergie nucléaire et aux rayonnements connaissent de vastes applications. Leur utilisation nous permet, par exemple, de déceler, de retracer, de visualiser et de mesurer ce que nos propres yeux ne peuvent apercevoir, de détruire des cellules cancéreuses et des germes, de repérer l'emplacement exact des ressources en eau et de produire de grandes quantités d'électricité d'une façon écologiquement propre et économiquement concurrentielle.

Le présent article traite des contributions pacifiques de l'atome, spécialement dans le contexte des activités de l'AIEA visant à favoriser le développement durable, ainsi que des applications souples et variées de l'énergie nucléaire. Les applications bénéfiques des technologies nucléaires et des rayonnements sont devenues des outils utiles, voire indispensables, pour faire face à certains besoins ou problèmes en Amérique latine, en Afrique, en Asie et dans d'autres régions du monde.

M. Khan, Mme Langlois et M. Giroux sont membres de la Section de la planification et des études économiques relevant du Département de l'énergie nucléaire de l'AIEA.

Les besoins en matière de soins médicaux et de santé

C'est sans doute dans les domaines médicaux du diagnostic, de l'imagerie et de la cancérothérapie que l'utilisation des techniques nucléaires est le plus connue et le plus largement répandue. La médecine moderne, en effet, serait inconcevable sans le radiodiagnostic et la radiothérapie. Ces techniques sont devenues si courantes, si fiables et si précises que, dans le monde occidental industrialisé, environ un patient sur trois bénéficie, sous une forme ou sous une autre, d'un radiodiagnostic ou d'une radiothérapie.

Le programme de médecine nucléaire de l'AIEA aide les pays du monde entier à maintenir un haut niveau de compétence professionnelle chez les opérateurs des installations, tout en assurant la précision et la qualité du matériel qu'ils utilisent à des fins tant diagnostiques que thérapeutiques. L'Agence aide aussi à améliorer les compétences des spécialistes de la physique médicale qui travaillent actuellement dans les domaines de la radiologie, de la radiothérapie et de la médecine nucléaire. Cette assistance contribue au développement de méthodes de radiodiagnostic et de radiothérapie de haute qualité dans divers pays. De concert avec l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'AIEA s'emploie en outre, par l'intermédiaire d'un réseau mondial de laboratoires, à assurer la conformité des mesures des rayonnements effectuées à des fins diagnostiques ou thérapeutiques.

Les études sur la nutrition humaine. Une autre application particulière qui retient de plus en plus l'attention est l'utilisation des techniques isotopiques pour évaluer l'état de la nutrition humaine et mesurer les incidences des programmes de nutrition. Une telle utilisation comporte plusieurs avantages par rapport à d'autres procédures. Elle permet un dépistage précoce, exact et non intrusif des carences nutritives et facilite ainsi l'élaboration de remèdes appropriés. A cet égard, l'Agence participe à une étude innovatrice qui fait appel à ces techniques pour évaluer les carences en vitamine A et en fer, les maladies



L'énergie nucléaire est vouée à un avenir prometteur dans maints domaines et sous des formes multiples. *Dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du haut à gauche*: Les rejets dans l'atmosphère de gaz provenant des combustibles fossiles peuvent être réduits par des techniques faisant appel aux rayonnements et même évités, dans le cas des centrales électro-nucléaires, sans rejet de dioxyde de carbone (Carnemark/Banque mondiale). Les spécialistes du milieu marin étudient la contamination due à des pesticides et à d'autres produits chimiques en analysant des échantillons à l'aide de techniques nucléaires (AIEA-LEM). En Afrique, en Amérique latine et ailleurs, l'hygiène nutritive chez les enfants est évaluée et améliorée grâce à des méthodes analytiques nucléaires (Carnemark/Banque mondiale). Des champs plus verts sont un objectif pratique des projets financés par l'AIEA pour aider les agriculteurs à examiner et à résoudre les problèmes nuisant à la production alimentaire et agricole (AIEA). Là où l'eau manque, les outils qu'offre l'hydrologie isotopique aident les pays à mieux comprendre et gérer les réserves existantes et à mieux évaluer les ressources futures (Marshall/AIEA).

des os, la malnutrition, ainsi que les besoins nutritionnels des mères et des enfants. A l'heure actuelle, plus de 800 millions d'habitants à travers le monde souffrent de malnutrition chronique et plus de un milliard sont malades ou handicapés par suite de carences en éléments nutritifs.

Pour améliorer la situation, l'AIEA est en train de mettre au point et d'adapter des outils nucléaires d'évaluation pour permettre un dépistage et un traitement précoces. Ces techniques hautement spécialisées peuvent devenir des «solutions durables» dans le cadre des efforts visant à mieux nourrir la population, et des projets financés par l'Agence aident à mettre des programmes sur pied en Amérique latine et ailleurs.

Les besoins alimentaires, hydriques et agricoles

Les ressources en eau. Le monde dispose d'une quantité d'eau suffisante, mais l'eau ne se trouve pas toujours là où on en a le plus besoin. Depuis que le manque d'eau s'est beaucoup accentué, les techniques isotopiques s'avèrent très utiles pour repérer et mesurer les ressources en eaux souterraines. Elles offrent d'importants outils d'analyse pour gérer et ménager les réserves d'eau actuelles et pour identifier les nouvelles ressources renouvelables et exploitables. Les résultats permettent ensuite d'élaborer des recommandations éclairées pour planifier et gérer l'utilisation durable de ces ressources en eau.

L'AIEA dispose d'un laboratoire qui se consacre spécialement à l'hydrologie isotopique et appuie diverses activités de développement. Des projets sont en place pour aider les pays qui souffrent de pénuries d'eau chroniques, comme le Maroc, le Sénégal et l'Éthiopie. Depuis dix ans, l'Agence a financé près de 160 projets d'une valeur de 20 millions de dollars des États-Unis pour aider les pays à développer leurs capacités nationales dans le domaine des applications liées à l'hydrologie isotopique. Quelque 550 scientifiques ont reçu une formation appropriée dans ces pays.

Les applications agricoles. L'utilisation des techniques nucléaires en agriculture revêt une importance primordiale dans les pays en développement. L'application des radio-isotopes et des rayonnements dans ce domaine permet:

- de provoquer des mutations chez les plantes en vue d'obtenir les variétés désirées;
- de déterminer les conditions voulues pour optimiser l'utilisation des engrais et de l'eau, ainsi que la fixation biologique de l'azote;
- de lutter contre des insectes nuisibles ou de les éradiquer;
- de réduire les pertes après récolte en supprimant la germination et la contamination et en prolongeant la durée de conservation des denrées alimentaires;
- de déterminer les voies de transfert des pesticides et des produits agrochimiques dans l'environnement et la chaîne alimentaire.

La mesure de l'absorption d'azote par les cultures. De concert avec l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Agence a perfectionné la technique de l'azote 15 pour mesurer le taux d'azote assimilé par les plantes à partir de l'atmosphère, du sol et des engrais. La technique permet d'évaluer le taux d'azote total fixé durant toute la saison de végétation. De cette façon, les légumineuses fixatrices d'azote les plus efficaces qui ont un rendement et une teneur en protéines plus élevés peuvent être déterminées et sélectionnées aux fins d'amélioration. La FAO et l'AIEA appuient conjointement une trentaine de projets à travers le monde sur la production et l'utilisation d'engrais biologiques en vue d'augmenter la fixation biologique de l'azote et les récoltes de légumineuses à grains. L'emploi de ces engrais a augmenté la production de 25 % dans des pays comme le Bangladesh, la Chine, l'Inde, la Malaisie, le Pakistan, les Philippines, le Sri Lanka, la Thaïlande et le Viet Nam.

L'éradication des insectes nuisibles. La maladie du sommeil est une maladie bien connue qui est transmise par la mouche tsé-tsé. La présence de cet insecte a empêché le peuplement et le développement de vastes régions d'Afrique. Bien que certains insectes nuisibles aient pu être maîtrisés temporairement en Afrique occidentale, l'éradication de la mouche tsé-tsé s'est révélée difficile. Avec la collaboration de la FAO, l'Agence s'attaque actuellement avec succès à une espèce qui a décimé le bétail sur l'île de Zanzibar, en Tanzanie, et les autorités sont convaincues que son éradication est possible.

Un élément clé des efforts déployés à Zanzibar est la technique de l'insecte stérile (TIS) qui fait appel aux rayonnements. La TIS consiste à stériliser des insectes mâles par irradiation en usine avant l'éclosion des œufs et à les lâcher par millions dans les zones infestées. L'accouplement de ces insectes avec des mouches normales dans la nature ne donne aucune progéniture, ce qui entraîne la réduction graduelle et finalement l'éradication de la population d'insectes. La TIS s'avère particulièrement efficace à Zanzibar où le risque de réinfestation provenant de l'extérieur est minime.

Cette technique a aussi été appliquée avec succès contre de nombreux insectes nuisibles au cours des dernières années, notamment contre *Ceratit* (mouche méditerranéenne des fruits) qui, à elle seule, s'attaque à 2 670 variétés de fruits et de légumes dans 82 pays, ou contre la lucilie bouchère, qui menace des millions d'animaux d'élevage. Au Mexique, des mouches des fruits stériles sont produites à Tapachula, dans la plus grande installation de ce type au monde. Le Mexique compte aussi une grande installation d'élevage de la lucilie bouchère, à Tuxtla, laquelle a largement contribué à l'éradication de cet insecte nuisible en 1991. Selon une estimation prudente, le taux de rentabilité de l'éradication de la lucilie bouchère sur une période de 30 ans est de 1:10, ce qui correspond, en termes monétaires,

à un gain de plus de 3 milliards de dollars des Etats-Unis pour l'économie mexicaine pendant cette période. S'inspirant de l'expérience de la TIS à travers le monde, l'AIEA, la FAO et les autorités libyennes ont réussi, il y a plusieurs années, à exterminer la lucilie bouchère en Libye où une grande infestation s'était produite. D'énormes quantités d'insectes stériles furent expédiées par avion du Mexique à Tripoli, puis relâchées dans la zone infestée. Le Mexique fournit présentement les lucilies bouchères utilisées pour une campagne d'extermination en Amérique centrale et fera de même pour des campagnes similaires aux Antilles.

Cette éradication contribue pour beaucoup à la capacité de tout pays de produire les denrées alimentaires dont lui-même et d'autres ont besoin de manière écologiquement durable. La TIS protège la production agricole sur les plans qualitatif et quantitatif sans utilisation supplémentaire excessive de produits chimiques qui, autrement, pourraient être rejetés dans l'environnement.

Élargissement de la variabilité génétique des plantes. Depuis quelques décennies, les rayonnements ionisants sont employés pour la sélection des plantes dans le cadre d'initiatives visant à améliorer les conditions économiques de l'agriculture dans différentes régions. Une partie de ces travaux sont menés dans les propres laboratoires de recherche de l'Agence, à Seibersdorf, en Autriche; des recherches spécifiques sur des régions ou des pays sont aussi effectuées dans le cadre de programmes de recherche agricole appuyés par l'AIEA à travers le monde. En combinant mutation et stratégies de multiplication des plantes *in vitro*, on a pu créer de nouveaux génotypes et lignées mutantes de sorgho, d'ail, de blé, de bananes, de haricots, d'avocats et de poivrons, tous plus résistants aux insectes nuisibles et s'adaptant mieux à des conditions climatiques difficiles.

Conservation des denrées alimentaires. L'utilisation des techniques d'irradiation pour conserver les aliments se développe à travers le monde. Dans 37 pays, les autorités chargées de la santé et de la sécurité ont approuvé l'irradiation de plus de 40 types d'aliments, allant des épices et des céréales au poulet désossé, aux fruits et aux légumes. De nos jours, les consommateurs peuvent se régaler de fraises en toute sécurité, comme c'est le cas en France, ou de saucisses irradiées, comme en Thaïlande.

Là encore, des règles et des normes sont nécessaires pour vérifier que la technique est appliquée de manière sûre. Une norme mondiale régissant les aliments irradiés a été adoptée dès 1983 par la Commission mixte FAO/OMS du Codex Alimentarius, qui représente plus de 130 pays. Dans un rapport à la Commission, un comité d'experts a indiqué que l'irradiation de tout produit alimentaire de base jusqu'à une dose globale moyenne de 10 000 grays ne présentait pas de danger toxicologique, ne nécessitait aucun essai supplémentaire et ne donnait lieu à aucun problème nutritionnel ou microbiologique*.

Plusieurs raisons expliquent l'intérêt des gouvernements pour ce procédé:

- le niveau élevé des pertes après la récolte (en général, 25 % de toute la production alimentaire) à cause d'une infestation, d'une contamination ou d'une dégradation;
- les préoccupations liées aux maladies transmises par les aliments;
- le commerce international croissant de denrées alimentaires qui doivent répondre à des normes d'importation très rigoureuses en matière de qualité et de contrôle sanitaire.

La Commission du Codex Alimentarius s'occupe des aliments eux-mêmes, mais l'exploitation sûre des installations d'irradiation est régie par les réglementations internationales en matière de radioprotection. L'AIEA aide à élaborer ces réglementations et a souvent fourni de l'aide aux pays désireux de tester ou d'utiliser cette technologie.

Santé et productivité du bétail, et lutte contre les maladies. Le bétail est capital pour une agriculture durable dans la plupart des pays en développement, mais sa productivité y est souvent bien moindre que dans les pays industrialisés. La production dans ce domaine peut être améliorée si l'on prête l'attention voulue à la nutrition des animaux, à leur performance de reproduction, à leur santé et, particulièrement, à la lutte contre les maladies. Ce but peut être atteint à l'aide de techniques nucléaires ou connexes. Conjointement avec la FAO, l'AIEA aide les pays d'Afrique et d'ailleurs à contrôler, surveiller et éradiquer définitivement la peste bovine sur leur territoire. En Afrique, la campagne a été fructueuse jusqu'ici, et les 34 pays qui y participent conviennent que l'éradication de cette maladie est réalisable dans un délai de cinq ans.

Besoins énergétiques et électriques

Dans le domaine énergétique, les applications nucléaires comportent des avantages écologiques importants qui vont bien au-delà de la production «propre» d'électricité.

Recherche sur les ressources géothermiques. Grâce aux capacités analytiques du Laboratoire d'hydrologie isotopique de l'AIEA, à Vienne, et à ses partenaires mondiaux, la recherche sur les systèmes géothermiques peut être améliorée et l'utilisation de leurs ressources optimisée. Dans certains pays, comme le Costa Rica et le Nicaragua, les techniques isotopiques de l'Agence ont été utilisées pour lever une carte des ressources géothermiques et pour décider du meilleur emplacement des installations.

Réduction des rejets gazeux. Grâce à l'utilisation de faisceaux d'électrons produits par un accélérateur, les rejets de soufre et d'azote dans l'atmosphère peuvent être pratiquement tous éliminés dans

* 1 gray = 1 joule par kilogramme; c'est l'unité utilisée pour mesurer l'énergie absorbée par la matière irradiée.

Les côtés «verts» de l'énergie nucléaire

L'utilisation de combustibles nucléaires au lieu de combustibles fossiles pour produire de l'électricité pourrait résoudre en partie le problème lié à la menace de réchauffement de la planète. Le nucléaire joue déjà un rôle appréciable dans l'aide qu'il apporte aux pays qui veulent réduire ou maîtriser leurs émissions de dioxyde de carbone (CO₂), gaz lié directement aux changements climatiques du globe. Si les centrales nucléaires en service dans le monde aujourd'hui étaient remplacées par des centrales à combustibles fossiles, les émissions de CO₂ du secteur industriel augmenteraient de plus de 8 %. Ce niveau équivaut presque aux émissions de CO₂ évitées grâce aux centrales hydroélectriques. Il est prouvé que les émissions de CO₂ évitées sont supérieures dans des pays comme la France, la Suède, la Belgique, l'Espagne, la Suisse et les Etats-Unis, où la production électrique est en grande partie d'origine nucléaire. En France, en 1993, les émissions de CO₂ et de dioxyde de soufre ont été respectivement huit et dix fois moindres qu'en 1980. Pendant cette période, la production totale d'électricité en France a presque doublé, en grande partie à cause de l'augmentation de la part du nucléaire, qui est passée de quelque 25 % à plus de 75 %. De même, en Suède, une réduction draconienne des émissions dans l'atmosphère a pu être atteinte principalement en recourant de préférence à l'énergie nucléaire plutôt qu'au fioul et aux autres combustibles fossiles pour produire de l'électricité. En général, pour ce qui concerne les pays industrialisés qui sont membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques, il apparaît que la réduction de l'intensité du carbone dans les économies énergétiques au cours des 25 dernières années est en grande partie attribuable au nucléaire.

Ces résultats montrent qu'il est nécessaire de procéder à une comparaison objective des différentes options pour produire de l'électricité, et que les avantages écologiques de l'énergie nucléaire peuvent être bien documentés. Etant donné l'intérêt que portent les Etats Membres à ce type de comparaisons détaillées à des fins de planification énergétique, l'AIEA a mis au point et diffusé un ensemble d'outils informatiques et de bases de données qui comprend un cadre pour l'analyse des aspects économiques, sanitaires, environnementaux et sociaux de toutes les chaînes énergétiques pour la production d'électricité.

les cheminées des centrales classiques au charbon. En effet, en ajoutant de l'ammonium aux gaz de cheminée, ces polluants en puissance sont transformés en engrais — sulfate d'ammonium et nitrate d'ammonium — et en eau. Cette méthode ingénieuse et originale fait actuellement ses preuves dans le cadre d'un projet mené près de Varsovie, en Pologne, avec le concours de l'AIEA. Alors que les alchimistes rêvaient de transformer le plomb en or, les planificateurs de notre temps qui s'occupent d'énergie voient sous leurs yeux des gaz polluants se transformer en apports utiles pour les cultures.

Energie nucléaire. Il ne fait aucun doute que l'utilisation d'énergie dans le monde augmentera sensiblement, en partie parce que la population du globe augmente aussi beaucoup et en partie parce que l'énergie — et particulièrement l'utilisation de l'électricité — constitue un facteur indispensable d'élévation du niveau de vie que les gens souhaitent. Le Bangladesh et la Tanzanie utilisent chaque année moins de 100 kWh d'électricité par habitant, alors que la Suède en consomme 15 000 kWh et le Mexique environ 1 250. Etant donné l'accroissement inévitable de la population mondiale, la poursuite active du développement économique à travers le monde et les tendances croissantes à l'urbanisation, il n'est pas étonnant que le Conseil mondial de l'énergie prévoie que la consommation mondiale d'électricité augmentera de 50 à 75 % d'ici à l'an 2020.

A l'heure actuelle, 63 % de l'électricité mondiale sont fournis par le charbon, le pétrole et le gaz, 19 % par l'énergie hydraulique, 17 % par le nucléaire, 0,5 %

par l'énergie géothermique et moins de 0,1 % par l'énergie solaire, l'énergie éolienne ou la biomasse. Cette combinaison se modifiera très certainement à mesure que les ressources se développeront, que de nouvelles technologies apparaîtront et que les préoccupations écologiques s'accroîtront. La production et l'utilisation rationnelles de l'énergie représenteront nécessairement un aspect majeur du développement durable. L'expérience acquise jusqu'ici montre que l'énergie nucléaire devrait jouer un rôle important dans toute combinaison énergétique future.

Les perspectives du nucléaire. Les années 70 ont été marquées par un grand enthousiasme pour l'énergie nucléaire et de grands espoirs de croissance rapide, surtout pour réduire la dépendance à l'égard du pétrole. Le taux d'inflation élevé et la croissance économique ralentie de la décennie suivante aidant, la demande énergétique augmenta plus lentement que prévu et sa sensibilité aux prix s'accrut. Les vastes programmes de construction envisagés dans certains pays, comme le Mexique et le Brésil, par exemple, ne furent pas réalisés. Après l'imposition de plusieurs modifications aux systèmes de sûreté par suite de l'accident de Three Mile Island, l'énergie nucléaire perdit aussi une part de sa marge de compétitivité économique.

Ces facteurs économiques, de même que l'opposition politique croissante à l'énergie nucléaire, ont ralenti l'expansion de l'industrie. Des préoccupations suscitées par des questions de sûreté et l'évacuation des déchets, qui relèvent d'un mouvement écologique beaucoup plus vaste, ont annulé tout investissement en faveur du nucléaire dans un certain

nombre de pays. La construction de nouvelles centrales nucléaires stagne pour le moment en Europe occidentale et sur tout le continent nord et sud-américain, où en raison de la faible croissance économique et de la surcapacité de production de l'industrie très peu de grandes centrales de base ont été construites au cours des dernières années. Ce n'est qu'en Asie du Sud-Est, et plus particulièrement au Japon, en République de Corée et en Chine, que la construction de centrales nucléaires se poursuit de façon accélérée.

Néanmoins, l'énergie nucléaire demeure un élément viable de notre avenir énergétique pour plusieurs raisons:

La compétitivité économique. La compétitivité économique des options énergétiques continue de préoccuper les pays, les compagnies d'électricité et les consommateurs. Du point de vue économique, l'énergie nucléaire se situe actuellement à peu près au même niveau que le charbon et, dans certains cas, que le gaz. Toutefois, les centrales nucléaires nécessitent d'importantes mises de fonds au départ, ce qui est un inconvénient pour les pays en développement qui manquent désespérément de capital. Comme la technologie nucléaire est relativement récente, il devrait être possible d'accroître les rendements et d'abaisser les coûts grâce à une rationalisation, à une normalisation, au recours à la construction modulaire, à l'élévation du taux de combustion et à une simplification. En outre, les prix relatifs des combustibles risquent fort d'évoluer avec le temps. La production d'énergie nucléaire devrait demeurer une option intéressante, spécialement pour les pays qui manquent de ressources combustibles nationales.

La sûreté. Les objections émises contre l'énergie nucléaire au nom de la sûreté pourront graduellement être réfutées par une expérience positive. Aucun accident dans le monde n'a été plus médiatisé que ceux qui se sont produits à Three Mile Island et à Tchernobyl. Cette situation a eu tendance à faire oublier le fait que l'on a maintenant accumulé dans le monde une expérience atteignant quelque 7 700 années-réacteur d'exploitation sans qu'aucun autre accident majeur ne se soit produit. Par l'intermédiaire des organismes nationaux de réglementation, de l'Union mondiale des exploitants nucléaires (UMEN) et de l'Agence, cette expérience est mise à la disposition de tous pour qu'on en tire des leçons. Même si l'accident de Three Mile Island, en 1979, a rejeté peu de radioactivité dans l'atmosphère, il a suscité des examens de sûreté détaillés, renforçant ainsi la sûreté dans tous les pays non communistes. L'accident de Tchernobyl, qui s'est produit il y a maintenant dix ans, a aussi amené à effectuer des examens et à prendre de nouvelles mesures de sûreté en Russie et en Europe orientale. Ainsi, ces deux accidents nucléaires majeurs, qui ont suscité tant d'opposition au nucléaire, ont aussi mis en branle des mesures déterminées et étendues dans le domaine de la sûreté. La sûreté de l'énergie nucléaire est alors devenue un sujet de préoccupation internationale beaucoup plus important, et l'Agence a servi de pivot

à la collaboration entre les gouvernements pour établir les composantes majeures de ce qu'il est maintenant convenu d'appeler la «culture internationale de sûreté nucléaire». Il est possible de constater l'incidence de cet effort dans les statistiques améliorées de production des centrales nucléaires à travers le monde, dans la réduction des doses professionnelles et dans la diminution des arrêts non programmés. Des filières de réacteurs avancés, dont certaines sont déjà sur le marché aujourd'hui, offrent de nouvelles caractéristiques de sûreté et devraient s'avérer plus fiables et plus sûres que les filières actuelles dominantes.

La sécurité de l'approvisionnement énergétique. L'indépendance énergétique est un facteur important. Tous les pays ne disposent pas de ressources énergétiques abondantes, comme les hydrocarbures ou les chutes d'eau. Dans le cas de la France, du Japon, de la République de Corée, de la Suède et de la Finlande, qui n'ont pas de pétrole ou de gaz, le degré d'autonomie et le degré d'immunité contre les crises internationales qu'offre l'énergie nucléaire ont été et demeurent importants.

La protection de l'environnement. Un autre facteur important pour la relance du nucléaire sera constitué par l'environnement. L'énergie nucléaire pourrait être considérée comme la moins dommageable des options énergétiques envisageables et celle qui entraîne le moins de rejets. En effet, ce ne sont pas les centrales nucléaires — mais plutôt l'utilisation excessive de combustibles fossiles — qui sont la cause des pluies acides, des forêts mortes et des risques de modification du climat de la planète. L'énergie nucléaire ne produit aucun rejet dans l'air et aide à combattre la pollution atmosphérique mondiale. En fait, si l'on remplaçait les 437 centrales nucléaires existant dans le monde par des centrales au charbon de capacité équivalente, 2 600 millions de tonnes environ de CO₂ et des millions de tonnes d'oxydes de soufre et d'azote associés pollueraient encore davantage l'atmosphère du globe chaque année.

Réduire le plus possible l'incidence d'une modification éventuelle du climat de la planète est devenu l'un des principaux objectifs du mouvement en faveur d'un développement durable. On parle beaucoup de réduire les rejets de CO₂, bien que les scientifiques ne soient pas encore sûrs ou convenus qu'un réchauffement irréversible de la planète se produise réellement dans moins de 50 ans par suite des rejets de CO₂ provoqués par les combustibles fossiles comme le pétrole, le gaz et le charbon. Des questions restent en suspens concernant les tendances du réchauffement de la planète, si bien que cette incertitude pousse plusieurs observateurs à préconiser la poursuite de politiques «sans regrets», c'est-à-dire de politiques énergétiques que personne ne regretterait si la crainte d'un réchauffement de la planète n'était pas fondée. L'option nucléaire répond à l'exigence de la politique «sans regrets» tout en ne contribuant pas au réchauffement de la planète et en restant

Comparaison des sources énergétiques: le programme «Decades»

L'AIEA et d'autres organismes internationaux, régionaux et nationaux œuvrent ensemble dans le cadre d'un programme de coopération visant à aider les planificateurs de l'énergie à bien évaluer les options pour la production d'électricité.

Connu sous le nom de «Decades», le programme comprend une série d'outils pour évaluer les différentes sources d'électricité entre elles tout au long de la chaîne énergétique; des banques de données sur les aspects sanitaires, économiques et environnementaux pour appuyer les évaluations comparatives; des progiciels intégrés pour planifier et analyser les systèmes électriques; des services de soutien et de formation. Il est administré conjointement par l'AIEA et huit autres organismes internationaux: l'Union européenne, le Conseil économique et social pour l'Asie et le Pacifique, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques, l'Institut international d'analyse appliquée des systèmes, l'Organisation des pays exportateurs de pétrole, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, l'Organisation mondiale de la santé et la Banque mondiale. Il est supervisé par un comité de direction mixte qui est composé de représentants des neuf organismes participants et coordonné par la Section de la planification et des études économiques de l'AIEA, au siège de l'Agence, à Vienne.

concurrentielle par rapport aux combustibles fossiles.

En revanche, les sources d'énergie renouvelables constituées par le soleil, le vent et la biomasse ne deviendront pas compétitives sur une grande échelle dans un avenir prévisible. On s'attend qu'elles ne jouent qu'un rôle mineur dans les prochaines décennies, bien que leur développement soit certainement encouragé à juste titre. De grands progrès ont été faits en matière de rendement énergétique en vue de produire et d'utiliser plus rationnellement l'énergie, ce qui demeure très important pour limiter la demande. Toutefois, malgré cela, la demande totale d'énergie continue d'augmenter dans le monde. Cela ne veut pas dire que l'énergie nucléaire, à elle seule, peut supprimer la menace de réchauffement de la planète. On peut recourir à plusieurs stratégies différentes, selon le cas, y compris les ressources renouvelables et les économies d'énergie. Cependant, il ne fait aucun doute que l'énergie nucléaire demeure un élément viable et prometteur du développement durable aux fins des politiques à élaborer pour résoudre le problème.

La gestion des déchets. S'agissant de l'énergie nucléaire, les préoccupations visent surtout le combustible irradié qui est très radioactif et toxique, ainsi que les déchets nucléaires. Ce qui caractérise ces déchets, en revanche, en plus de leur toxicité et de leur radioactivité, c'est qu'ils sont d'un volume très réduit qui en facilite l'évacuation. Cette situation contraste sensiblement avec le problème de l'évacuation des déchets dans les centrales classiques à combustibles fossiles, où les rejets sont volumineux et polluent directement l'atmosphère. Une fois que les questions liées à l'évacuation sûre des déchets nucléaires à longue période sont replacées dans leur contexte, les résultats de la comparaison apparaissent beaucoup plus

clairement. Vu leur volume réduit, les déchets nucléaires peuvent être traités techniquement et économiquement en toute sécurité avant d'être déposés dans l'écorce terrestre d'où l'uranium avait été extrait au départ. Une telle confiance en des solutions de haute technologie n'est pas partagée par tout le monde. L'attitude «pas de ça chez moi» a nui aux programmes de gestion des déchets nucléaires dans tous les grands pays nucléarisés, tout comme au choix du site de presque toutes les installations industrielles et énergétiques. Le choix du site des installations d'évacuation représente un élément important du développement durable. Toute opposition à l'évacuation des déchets n'élimine pas le problème et n'enraye pas la production de nouveaux déchets: elle ne fait que prolonger inutilement l'exposition environnementale directe.

Des évaluations comparatives du nucléaire et d'autres formes de production d'électricité mettent en évidence certaines de ces questions intéressantes relatives à la production et à la gestion des déchets. Considérons, par exemple, le cas d'un pays qui décide de ne pas exploiter de centrale nucléaire et qui construit plutôt deux centrales au charbon d'à peu près la même capacité. La centrale nucléaire aurait consommé environ 30 tonnes d'uranium faiblement enrichi *par an*, tandis que la centrale au charbon consumerait le chargement d'environ cinq convois ferroviaires *par jour*. Le volume réduit de déchets nucléaires contenant de l'uranium peut être isolé intégralement. La centrale au charbon, quant à elle, produira d'énormes quantités de CO₂ et de cendres contenant des métaux lourds, qui demeureront toxiques pour toujours. Le site d'évacuation de tous les déchets de charbon brûlé — comme de tous les autres combustibles fossiles — c'est notre atmosphère et la surface de la Terre.

Parvenir à des solutions durables

Pour atteindre l'objectif international du développement durable, il faut coordonner les efforts à l'échelle de la planète en utilisant tous les outils scientifiques et technologiques dont on dispose. Dans plusieurs domaines, l'énergie nucléaire et ses différentes applications se sont avérées d'importants éléments des étapes à suivre pour parvenir à des solutions durables des problèmes pratiques qui nuisent à notre développement socio-économique et environnemental.

Pour faire des choix judicieux dans les mois et les années à venir, les gouvernements devront disposer d'un dossier objectif de données d'expérience et de faits qui leur permettra d'évaluer les options, de fixer les priorités et de mobiliser les ressources voulues. Forte de ses divers services et projets, l'AIEA aidera les pays à appliquer concrètement et de manière sûre les techniques nucléaires et les rayonnements dans les domaines où ils pourront être le plus avantageux, et à planifier leur développement énergétique et électrique.