

Conséquences radiologiques des rejets de radioactivité: les problèmes mondiaux

De nouvelles informations présentées à un colloque de l'AIEA aident la communauté mondiale à affronter les problèmes radioécologiques

par
Gordon Linsley

Au cours des dix années qui ont suivi la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain réunie à Stockholm en 1972, l'AIEA a organisé une série de réunions internationales sur les radionucléides et leur comportement dans l'environnement. Dans le climat d'inquiétude suscitée par l'environnement qui émanait de cette conférence, les réunions parrainées par l'AIEA étaient un point de rencontre international favorable à la discussion, où l'on a pu faire le point des connaissances acquises jusque-là sur le comportement des radionucléides dans les différents milieux. Les chercheurs des pays Membres de l'AIEA s'efforçaient d'analyser le comportement des radionucléides, tout spécialement de ceux de longue période, dans les milieux terrestres et aquatiques. Le dernier colloque de cette série, réuni à Knoxville (Tennessee) en 1981, a traité précisément de cette question.

On constate aujourd'hui une recrudescence des préoccupations écologiques causées par diverses preuves que notre environnement est gravement endommagé par les activités de l'être humain. Nous savons tous quels sont les effets de la pollution régionale et les risques éventuels que comportent l'échauffement de la planète et la raréfaction de la couche d'ozone. C'est précisément pour répondre à ces préoccupations et à d'autres du même ordre que l'ONU a tenu à Rio de Janeiro, en 1992, la Conférence sur l'environnement et le développement. On a constaté aussi un renouveau d'intérêt pour les radionucléides dans l'environnement mais, cette fois, l'étincelle est venue d'ailleurs. La détente entre les pays de l'Est et de l'Ouest a fait qu'une foule de renseignements, jusque-là confidentiels, sur des rejets de radioactivité et leurs conséquences écologiques sont devenus disponibles. Cette nouvelle source d'information ainsi que les données écologiques concernant l'accident de Tchernobyl ont ravivé l'intérêt et stimulé les recherches sur les radionucléides dans l'environnement au cours des

dernières années. Bien souvent, le besoin d'en savoir davantage sur le comportement de ces radionucléides émanait des opérations de nettoyage de la contamination du milieu due à la production d'armement et aux premières activités du cycle du combustible nucléaire.

C'est en gardant ce contexte à l'esprit que l'Agence a organisé à Vienne, en mai 1995, le Colloque international sur l'impact environnemental des rejets radioactifs*. Au total, 222 experts de 39 pays et de cinq organisations internationales y ont participé. Le présent article fait la synthèse de ses travaux.

Etude de l'environnement marin

Dès que l'on a su que des déchets radioactifs de forte et faible activité étaient immergés depuis une trentaine d'années dans les eaux de la mer de Kara, dans l'Arctique, maintes études ont été entreprises pour évaluer les conséquences de ces immersions. Peu après les révélations de la fin de 1991 et de 1992, l'AIEA a lancé un projet international, en collaboration avec les pays concernés, pour évaluer les conséquences effectives et éventuelles de ces opérations sur la santé et l'environnement. Ce projet d'évaluation pour les mers arctiques (IASAP) suit son cours mais quelques résultats préliminaires ont pu être communiqués au colloque. D'autres exposés, notamment par la Fédération de Russie, la Norvège et le Laboratoire de l'environnement marin de l'AIEA (AIEA-LEM), ont décrit les croisières océanographiques dans la région affectée ainsi que les travaux expérimentaux associés. Ces opérations ont permis de localiser certains des déchets de haute activité immergés et des mesures ont été faites *in situ* et sur des échantillons prélevés à proximité des déchets (sous-marins, compartiments de réacteurs,

M. Linsley est chef par intérim de la Section de la sûreté des déchets, Département de la sûreté nucléaire de l'AIEA.

* Le compte rendu de ce colloque a été publié par l'AIEA. Pour passer commande, voir la rubrique «Nouvelles publications» dans le *Bulletin de l'AIEA*.

conteneurs de déchets). On a constaté une contamination à proximité de certains objets, mais on n'a rien détecté à quelques dizaines de mètres de là. Ces déchets étant situés dans une région lointaine et inhospitalière, on a jugé qu'ils ne menaçaient ni la santé ni l'environnement pour le moment. Il est cependant possible, malheureusement, que des fuites de radionucléides à partir des déchets puissent présenter des risques dans l'avenir. Ce problème est étudié dans le cadre du programme IASAP et l'on envisage de prendre des mesures pour éviter ce risque.

Des exposés ont également traité de l'analyse des effets des rejets de l'usine de retraitement de Sellafield, au Royaume-Uni, sujet qui donne lieu à des controverses depuis quelques années. Ils ont surtout porté sur la surveillance des rejets progressivement mise en œuvre, notamment grâce aux techniques d'épuration des effluents qui ont permis de réduire considérablement la contamination pendant les années 70 et au début des années 80. Parallèlement, les méthodes d'analyse de l'impact ont été perfectionnées et affinées.

Essais de modèles environnementaux

Le débat sur ce sujet a porté principalement sur le programme VAMP de l'AIEA (Validation des prévisions des modèles environnementaux) exécuté entre 1988 et 1994, et qui visait à tirer profit de la vaste distribution de radionucléides dans l'environnement résultant de l'accident de Tchernobyl. Les résultats des programmes ultérieurs de mesure et de surveillance ont servi à vérifier les prévisions des modèles mathématiques.

Plus de 100 scientifiques de divers pays ont participé à ce programme très réussi. Plusieurs exposés présentés au colloque ont commenté les résultats des quatre groupes de travail du programme qui ont étudié respectivement les milieux terrestres, urbains, aquatiques (lacs, cours d'eau et bassins de retenue) et les voies multiples. Ces travaux ont été l'occasion unique de vérifier l'exactitude des prévisions des modèles. Dans certains cas, les modèles et les coefficients de transfert utilisés ont donné une représentation valable du transfert des radionucléides dans l'environnement, mais les hypothèses générales antérieures sur l'absorption par voie alimentaire et sur les sources d'aliments, par exemple, se sont avérées inapplicables à tous les environnements. La leçon générale à tirer des études est que tous les environnements sont différents en ce sens que l'on ne peut probablement pas faire des prévisions fiables du transfert de radionucléides aux humains sans une connaissance précise des caractéristiques du milieu et des habitudes de la population exposée. Les essais de modèles ont révélé une tendance générale à la surprévision. Cela est fort probablement dû à la façon dont le modèle est normalement utilisé:

il sert le plus souvent à comparer des doses de rayonnement reçues par les groupes critiques de la population et dues à des rejets de radionucléides au cours d'opérations comportant des limites de doses. Pour cette application du modèle, il faut s'assurer que les doses n'excèdent pas la dose limite, de sorte que les hypothèses et les valeurs des paramètres du modèle sont généralement choisies de manière à rendre la sous-estimation improbable.

Un autre aspect du programme VAMP a été présenté au colloque, à savoir qu'il a donné l'occasion de faire le point des méthodes les plus récentes de modélisation des principaux processus de transfert. Cet examen par des experts a mené à des publications de l'AIEA sur la modélisation du processus de remise en suspension (sol-air), l'interception et la rétention de radionucléides par les surfaces des végétaux, le transfert dans les écosystèmes naturels, et l'élimination possible de la contamination radioactive par les méthodes de préparation des aliments.

Reconstitution des doses de rayonnement

Pendant les premières années de l'armement nucléaire, les activités visaient des objectifs de production si bien que la gestion des déchets radioactifs et autres n'était généralement pas un souci prioritaire. Plusieurs usines de fabrication d'armes nucléaires rejetaient dans l'atmosphère de grandes quantités de radionucléides. A cela venaient s'ajouter les rejets accidentels de certaines installations ainsi que les retombées des essais dans l'atmosphère. On est au courant de ces pratiques depuis quelques années car des documents précédemment confidentiels ont été révélés au public.

La préoccupation des groupes potentiellement à risque et, dans certains cas, l'action juridique entreprise contre les autorités responsables ont suscité des enquêtes sur la radioexposition des populations locales résultant de ces rejets. Des exposés présentés au colloque ont traité les problèmes de la «reconstitution des doses» en rapport avec l'accident de Kyshtym de 1957 (Fédération de Russie) et les essais d'armes nucléaires à Semipalatinsk (Kazakhstan) et sur le polygone d'essais du Nevada (Etats-Unis). L'ancienneté des rejets a posé des problèmes aux «détectives» chargés de l'évaluation radiologique; il a fallu, par exemple, mettre au point de nouvelles méthodes environnementales pour estimer les doses reçues par les populations exposées jusqu'à 40 ans dans le passé.

Régénération de l'environnement

La situation dont on vient de parler a laissé des séquelles de contamination du milieu un peu partout dans le monde. Outre la contamination partielle des milieux terrestres et aquatiques due à la fabrication

**Dose annuelle due aux sources naturelles de rayonnement dans l'environnement
(dans les régions où le fond naturel de rayonnement est normal)**

Source	Dose annuelle effective (micro-sievert)		
	Externe	Interne	Total
Rayons cosmiques	380		380
Radionucléides d'origine cosmique		12	12
Radionucléides terrestres			
Potassium 40	130	170	300
Famille de l'uranium 238: ²³⁸ U → ²³⁴ U → Thorium 230	140	1	
Radium 226		4	1400
Radon 222 → Polonium 214		1200	
Plomb 210 → Polonium 210		50	
Famille du thorium 232	190	80	270
Total (arrondi)	840	1520	2400

Doses engagées à long terme dues à des sources d'origine humaine

Source	Principaux radionucléides	Dose collective effective (homme-Sv)
Essais nucléaires dans l'atmosphère	Carbone 14, césium 137, strontium 90, zirconium 95	30 000 000
Accident de Tchernobyl	Césium 137, césium 134, iode 131	600 000
Production nucléo-électrique	Carbone 14, radon 222	400 000
Production et emploi des radio-isotopes	Carbone 14	80 000
Fabrication des armes nucléaires	Césium 137, ruthénium 106, zirconium 95	60 000
Accident de Kyshtym	Cérium 144, zirconium 95, strontium 90	2 500
Rentrées de satellites dans l'atmosphère	Plutonium 238, plutonium 239, césium 137	2 100
Accident de Windscale	Iode 131, polonium 210, césium 137	2 000
Autres accidents	Césium 137, xénon 133, cobalt 60, iridium 19	300
Essais nucléaires souterrains	Iode 131	200

Les plus importants rejets de radionucléides dans l'environnement dus aux activités humaines sont ceux des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère. Par ordre d'importance viennent ensuite l'accident de Tchernobyl, puis les expositions à long terme au carbone 14 et au radon 222 résultant de la production nucléo-électrique. La dose collective résultant des essais d'armes nucléaires est due en grande partie (86 %) à une exposition à long terme au carbone 14. On peut mieux juger ces estimations de dose due aux activités humaines en les comparant à celles de dose d'origine naturelle. On estime à 13 millions d'homme-sieverts la dose annuelle d'origine naturelle (par exemple, rayons cosmiques, potassium 40 dans l'organisme, et radon) que reçoit la population mondiale (2 400 micro-sieverts × 5,4 × 10⁹ individus).

et aux essais d'armes nucléaires, nombre de pays sont affectés par les résidus de l'extraction de l'uranium et du thorium et d'autres activités minières non nucléaires. Les suites de l'accident de Tchernobyl

continuent de se faire sentir dans quelques pays, notamment dans les régions boisées et en altitude. Maints pays étudient des solutions rentables et favorables à l'environnement pour résoudre ces pro-

blèmes. Divers exposés ont décrit des techniques de régénération applicables aux sols, aux eaux, à la végétation et au cheptel.

Thèmes de discussion

Des séances de discussion ont eu lieu sur deux sujets actuellement controversés qui agitent les radioécologistes.

Protection de l'environnement. La position généralement adoptée en cette matière est la suivante: si les êtres humains vivent dans un environnement bien protégé contre les rayonnements ionisants, on peut supposer que d'autres espèces vivantes sont également suffisamment protégées au niveau de la population, bien qu'elles ne le soient pas nécessairement au niveau de l'individu. Telle est l'opinion actuelle de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), que l'on retrouve dans une étude de l'AIEA publiée en 1992*.

Toutefois, on peut imaginer des circonstances dans lesquelles cette hypothèse est insuffisante en soi pour garantir la protection d'espèces non humaines, par exemple en cas de rejet de radionucléides dans des régions d'où les humains sont absents. On pourrait objectivement souhaiter des critères spécifiques pour protéger les espèces dans la nature; mal comprise, l'opinion agréée de la CIPR s'interpréterait comme une attitude peu soucieuse à l'égard de l'environnement, de sorte que des critères explicites de protection des espèces animales et végétales se justifieraient. Par ailleurs, l'adoption de tels critères exigerait probablement une surveillance et une évaluation de l'environnement plus strictes qu'actuellement et, en fin de compte, entraînerait un supplément appréciable de dépenses pour les services publics et les organismes de réglementation. Ce ne sont là que quelques aspects d'un problème qui ne manquera pas de donner lieu à d'autres débats au cours des quelques prochaines années.

Le principe préventif. Il a fait son apparition dans divers documents internationaux des dernières années, notamment dans la Déclaration de Rio de la CNUED (Action 21), et dans diverses conventions régionales sur la protection du milieu marin. Il s'exprime sous différentes formes; en voici un exemple, entre autres, extrait de la Convention sur la protection du milieu marin dans la zone de la Baltique qui recommande de prendre des mesures préventives lorsqu'il y a des raisons de supposer que des substances ou de l'énergie directement ou indirectement introduites dans le milieu marin peuvent comporter des risques pour la santé humaine, nuire aux res-

sources biologiques et aux écosystèmes marins, endommager les aménagements de loisir ou gêner d'autres usages légitimes de la mer, et cela même en l'absence de preuves concluantes qu'il existe une relation de cause à effet entre les rejets et leurs incidences présumées.

La dernière partie de la proposition est évidemment sujette à caution et s'est trouvée au centre des débats du colloque sur le principe préventif. D'une part, on peut prétendre que la législation en vigueur relative au rejet de déchets est peu satisfaisante en ce qu'elle oblige les scientifiques à faire la preuve des effets d'une substance nocive dans l'environnement avant qu'une réglementation n'intervienne, alors que l'approche préventive exigerait un «renversement du fardeau de la preuve». Cela serait utile lorsqu'on ne sait pas grand-chose de la substance dont on prévoit le rejet ou lorsqu'on connaît mal le cycle biogéochimique de la substance ou les risques qu'elle comporte pour l'environnement. D'autre part, le principe préventif pris au pied de la lettre signifierait que l'évacuation de substances dans l'environnement devrait être interdite puisqu'il est pratiquement impossible de prouver formellement qu'il ne peut en résulter aucun dommage.

S'il est vrai que le principe préventif est bon en soi, il convient de l'interpréter en fonction des circonstances particulières. Il faudrait donc l'appliquer de façon à ne pas empêcher le rejet dans l'environnement, sous surveillance, de substances dont les propriétés et le comportement dans le milieu qui doit les recevoir sont bien connus.

* *Effects of Ionizing Radiation on Plants and Animals at Levels Implied by Current Radiation Protection Standards*, Collection Rapports techniques de l'AIEA, n° 332, Vienne (1992).