

Rayonnements et environnement: comment évaluer les effets sur la flore et la faune

*Aperçu d'un rapport récent du Comité scientifique des Nations Unies
pour l'étude des effets des rayonnements ionisants*

par Gordon Linsley

L'organisme international connu sous le nom de Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) examine périodiquement l'incidence des rayonnements ionisants sur l'environnement. L'an dernier, il a publié, pour la première fois, une étude traitant directement des répercussions des rayonnements ionisants sur la flore et la faune*. Bien que l'étude ne comporte aucun résultat inattendu, elle permet de faire ressortir comment la communauté scientifique évolue dans son approche pour évaluer les effets possibles des rayonnements sur l'environnement.

Par le passé, la flore, la faune et les autres organismes vivants étaient considérés, dans les évaluations scientifiques, comme des parties de l'environnement où des radionucléides pouvaient se disperser. C'étaient en quelque sorte des ressources qui, une fois contaminées, risquaient d'exposer l'homme aux rayonnements, dans la mesure où plantes et animaux, faisant partie de la chaîne alimentaire, pouvaient constituer des voies de transfert des radionucléides vers l'homme. En somme, les évaluations ne faisaient que traduire la position généralement acceptée selon laquelle il fallait en priorité évaluer les conséquences possibles sur les êtres humains — qui comptent parmi les espèces de mammifères les plus radiosensibles — et élaborer une base solide pour protéger la santé humaine.

Cette position, toutefois, a été contestée récemment. En effet, on a pu montrer qu'il existait au moins un cas (celui des sédiments des fonds marins qui sont très éloignés de l'homme) où la priorité dont il a été question ci-dessus pouvait être erronée**. D'autres effets préjudiciables sur l'environnement ont aussi été observés dans des régions localisées où des plantes et des animaux avaient reçu de très fortes doses de rayonnements sur de courtes périodes par suite de rejets accidentels importants

de radionucléides. Tel fut le cas, par exemple, des régions affectées par l'accident survenu dans le sud-est des monts Oural en 1957 et après l'accident de Tchernobyl en 1986.

L'étude récente de l'UNSCEAR se veut une réponse à ces préoccupations et la démonstration explicite que les effets possibles des rayonnements sur l'environnement peuvent être et sont effectivement pris en considération. Elle reconnaît que la flore, la faune et les autres organismes vivants sont eux-mêmes exposés autant à des rayonnements internes par suite de l'accumulation de radionucléides qu'à des rayonnements externes par suite de la contamination de leurs milieux respectifs. Le présent article souligne les principales conclusions de l'étude de l'UNSCEAR.

Contexte des évaluations des incidences sur l'environnement

La présence de rayons cosmiques et de radionucléides naturels ou artificiels dans notre environnement a pour conséquence la radioexposition de toutes les populations indigènes d'organismes. Dans le cas de l'homme, on s'attend que la probabilité d'effets préjudiciables soit plus grande lorsque les expositions sont plus élevées que la fourchette des débits de dose attribuables au fond naturel de rayonnement. La même chose doit s'appliquer aux autres organismes.

Toutefois, il existe une différence fondamentale dans le point de vue adopté pour évaluer le risque. S'agissant de l'homme, des considérations morales

*Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) *Sources and Effects of Ionizing Radiation*, Rapport de 1996 de l'UNSCEAR à l'Assemblée générale, avec une Annexe scientifique, publication des Nations Unies, numéro de vente: E.96.IX.3 (1996).

***Assessing the impact of deep-sea disposal of low-level radioactive waste on living marine resources*, Collection Rapports techniques n° 288, AIEA, Vienne (1988).

M. Linsley est chef de la Section de la sûreté des déchets de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA.

font de l'*individu* le principal objet de la protection. Dans la pratique, cela veut dire que le risque supplémentaire que subit une personne par suite d'une dose supérieure de rayonnement doit être limité à un niveau que la société juge acceptable. Bien que ce niveau soit très bas, il n'est pas égal à zéro.

Dans le cas des autres organismes, les choses sont moins évidentes. L'homme fait preuve d'une grande variété d'attitudes envers les autres espèces qui partagent la planète avec lui — entre, par exemple, une population de moustiques, d'un côté, et un seul panda géant, de l'autre. Pour la très grande majorité des organismes, il considère la *population* comme importante et se fixe comme objectif valable de protéger chaque population contre toute augmentation du risque radiologique. Seules pourraient faire exception des populations réduites (espèces rares) ou lentes à se reproduire (longue gestation et/ou faible fécondité), pour lesquelles il vaudrait sans doute mieux cibler les mesures protectrices au niveau de l'*individu*.

Si c'est l'*individu* ou le groupe que l'on cherche à protéger, les réponses seront probablement sensiblement différentes au moment d'évaluer les incidences écologiques. Ce qui est évident, en tout cas, c'est qu'il ne saurait exister d'effet au niveau des populations (ou aux niveaux supérieurs des groupes de populations et de l'écosystème) s'il n'y en a pas au niveau des individus qui composent les différentes populations. Cela ne signifie pas, cependant, que les effets décelables produits par les rayonnements chez certains membres d'une population donnée auraient nécessairement des conséquences importantes pour l'ensemble de cette population.

Il faut aussi garder à l'esprit d'autres facteurs pour évaluer les incidences sur l'environnement. Il ne faut pas oublier, par exemple, que les populations naturelles d'organismes existent dans un état d'équilibre dynamique au sein de leurs collectivités et de leurs milieux, et que les rayonnements ionisants ne sont que l'une des perturbations qui peuvent modifier cet équilibre. Toute radioexposition accrue due aux activités humaines ne saurait donc pas être isolée des autres sources de perturbation naturelles (par exemple, le climat, l'altitude, l'activité volcanique), ou d'origine humaine (par exemple, les toxines chimiques synthétiques, les rejets d'hydrocarbures, l'exploitation à des fins alimentaires ou sportives, la destruction des habitats naturels). Lorsque les rayonnements ionisants et les produits chimiques, découlant tous deux d'activités humaines, agissent de pair sur une population, comme il arrive quelquefois, surgit alors le difficile problème d'attribuer correctement telle ou telle réponse observée à telle ou telle cause.

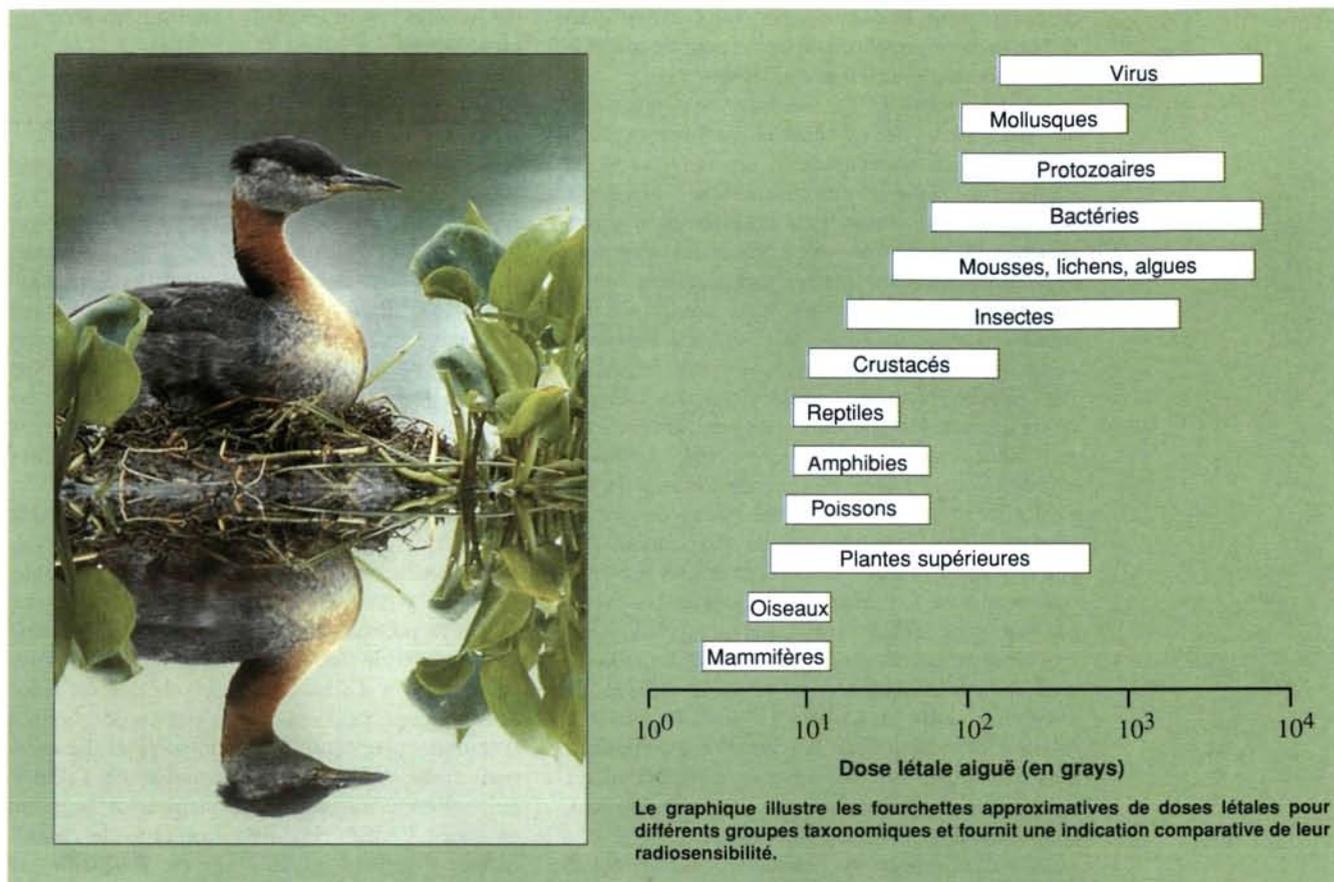
Conclusions du rapport de l'UNSCEAR

Tous les organismes vivants existent et survivent dans des milieux où ils sont plus ou moins assujettis

aux rayonnements d'origine naturelle ou humaine, y compris la contamination provenant des retombées des essais nucléaires dans l'atmosphère. Parfois, et généralement dans des zones limitées, il arrive que des radioexpositions supplémentaires se produisent soit à cause de rejets autorisés (contrôlés) de déchets radioactifs dans l'air, le sol ou les systèmes hydrologiques, soit à cause de rejets accidentels. Dans la plupart des cas, ces expositions supplémentaires n'ont eu aucun effet apparent sur la flore et la faune sauvages. En revanche, à la suite d'accidents graves, des dommages ont été observés chez des organismes individuels et dans des populations, et des effets à long terme pourraient se faire sentir dans des groupes de populations et des écosystèmes à cause du surplus d'irradiation chronique continue.

Les données disponibles sur la radioexposition des organismes sauvages résultant du fond naturel de rayonnement et des radionucléides contaminants sont relativement limitées. Elles se rapportent à une variété très réduite d'organismes bien que, dans le cas du milieu marin, elles permettent de dresser un tableau assez représentatif de la gamme des relations dose-effet qui sont susceptibles de se produire. Comme les calculs estimatifs sont dérivés pour l'essentiel soit de mesures ponctuelles des concentrations de radionucléides dans l'organisme et dans son milieu extérieur immédiat, soit de modèles qui supposent un état d'équilibre, on ne peut guère espérer obtenir des renseignements sur la variation temporelle des débits de dose à partir des fluctuations à court terme des débits de rejet, des stades différents du cycle de vie, des changements de comportement et des facteurs écologiques agissant sur de courtes périodes, comme les variations saisonnières. Il est donc très difficile d'estimer, à partir des données disponibles, les doses totales qui pourraient s'accumuler tout au long de stades spécifiques du cycle de vie (par exemple, durant le développement de l'embryon ou jusqu'à l'âge de procréation).

Pour les milieux terrestre et aquatique, le rayonnement alpha contribue de façon importante au débit de dose dû au fond naturel de rayonnement. Dans le cas du milieu terrestre, la source principale semble être le radon 222 et ses produits de filiation de courte période; quant au milieu aquatique, la source principale est le polonium 210. Vu la faible portée des particules alpha, les débits de dose absorbée sont spécifiques aux tissus et les résultats montrent combien le besoin d'informations plus détaillées sur la répartition des radionucléides par rapport aux cibles biologiques qui pourraient être considérées comme importantes (par exemple, l'embryon ou les gonades) est crucial pour que les calculs estimatifs de l'exposition due au fond naturel soient précis. La fourchette habituellement retenue pour les expositions dues au fond naturel va jusqu'à quelques micrograys par heure ($\mu\text{Gy/h}$) mais, dans certains cas exceptionnels (par exemple, l'hépatopancréas des petites crevettes pélagiques), le débit de dose absorbée peut atteindre $150 \mu\text{Gy/h}$.



Déchets radioactifs. Il est reconnu que le rejet de déchets radioactifs dans l'environnement risque d'augmenter la dose de rayonnement reçue par les organismes sauvages. Dans le cas des rejets dans l'atmosphère, les décharges publiques ou les eaux superficielles, l'examen des évaluations publiées révèle que les radioexpositions de certains individus (mais pas de l'ensemble) des populations sauvages endémiques pourraient s'élever à environ 100 $\mu\text{Gy/h}$, en général; exceptionnellement, selon la quantité de certains radionucléides dans les déchets, les débits de dose absorbée pourraient atteindre plusieurs milliers de micrograys par heure. Dans un nombre très limité de cas, les débits de dose estimés à partir des concentrations mesurées de radionucléides dans le milieu contaminé ont été largement confirmés par des mesures *in situ* à l'aide de dosimètres fixés sur des animaux.

Rejets accidentels. Les débits de dose dans l'environnement par suite de rejets accidentels dépendent de toute évidence de la quantité de radionucléides en cause, de la durée du rejet, des caractéristiques de dispersion initiale et de dépôt, ainsi que de la nouvelle répartition ultérieure du fait de processus naturels. Il est également clair que ces rejets accidentels peuvent provoquer des débits de dose et des doses totales dans l'environnement beaucoup plus élevés que ceux résultant d'activités normales. Tel fut le cas après les accidents qui se produisirent dans le sud-est des monts Oural

et à Tchernobyl, où de nombreuses études ont indiqué que les arbres (et, par extrapolation raisonnable, les autres organismes) situés à proximité des points de rejet avaient accumulé des doses allant jusqu'à 2 000 et 100 Gy, respectivement, durant un laps de temps relativement court. Dans un endroit comme dans l'autre, les expositions chroniques à long terme dues au dépôt de radionucléides de longue période ont continué d'être sensiblement plus élevées que les expositions attribuables à l'évacuation contrôlée des déchets.

On peut conclure de ces données que c'est précisément la réponse des plantes et des animaux aux radioexpositions chroniques atteignant un débit de dose absorbée de 1 000 $\mu\text{Gy/h}$ qu'il faut prendre en considération pour évaluer les incidences environnementales des rejets contrôlés de déchets radioactifs; en pratique, des informations sur les débits de dose plus faibles, inférieurs à 100 $\mu\text{Gy/h}$, devraient probablement suffire dans presque tous les cas.

S'agissant des accidents, l'expérience a clairement démontré que les débits de dose initiaux peuvent être suffisamment élevés pour engendrer l'accumulation de doses létales en un temps relativement court (quelques jours). De ce fait, il est nécessaire de disposer des données voulues pour prévoir le progrès de la régénération de l'environnement à des débits de dose chroniques sur de longues durées qui sont généralement plus faibles et qui peuvent

Radiosensibilité comparative des organismes

descendre jusqu'à la limite supérieure (1 000 $\mu\text{Gy/h}$) de la fourchette présentant un intérêt pour l'évaluation des pratiques d'évacuation des déchets.

Radiosensibilité. La sensibilité des organismes aux effets létaux des rayonnements est très variable. Une classification générale a été mise au point d'après le volume chromosomique interphase des cellules sensibles. Ces résultats et d'autres résultats d'irradiations expérimentales montrent que les mammifères sont les plus sensibles, suivis des oiseaux, des poissons, des reptiles et des insectes. La sensibilité des plantes varie beaucoup et chevauche généralement celle des animaux. Les espèces les moins sensibles aux doses aiguës de rayonnements sont les mousses, les lichens, les algues et les micro-organismes, comme les bactéries et les virus (voir figure à la page 19).

La sensibilité de l'organisme aux rayonnements dépend du stade de vie lors de l'exposition. Les embryons et les formes juvéniles sont plus sensibles que les adultes. Les embryons de poisson, par exemple, se sont avérés particulièrement sensibles. Les différents stades de développement des insectes sont assez remarquables par la vaste étendue de sensibilité qu'ils présentent. En bref, les données disponibles indiquent que la génération d'un descendant viable par gamétogenèse et reproduction est un attribut de population plus radiosensible que l'induction de la mortalité individuelle.

Chez les espèces de plantes les plus sensibles, les incidences de l'irradiation chronique ont été observées à des débits de dose situés entre 1 000 et 3 000 $\mu\text{Gy/h}$. D'aucuns ont suggéré que les débits de dose chroniques inférieurs à 400 $\mu\text{Gy/h}$ (10 mGy/j) auraient des incidences, quoique minimes, sur les plantes sensibles. Cependant, ils ne pourraient guère avoir des incidences préjudiciables importantes sur la grande variété de plantes dans les populations végétales naturelles.

Dans le cas des mammifères, c'est-à-dire l'espèce animale la plus sensible, peu d'indications donnent à penser que des débits de dose de 400 $\mu\text{Gy/h}$ à l'individu le plus exposé modifieraient radicalement le taux de mortalité de la population. S'agissant des débits de dose inférieurs d'un ordre de grandeur au maximum (soit de 40 à 100 $\mu\text{Gy/h}$), il serait possible de faire la même constatation à propos des incidences sur la reproductivité. Pour les organismes aquatiques, la conclusion générale est que les débits de dose maximaux de 400 $\mu\text{Gy/h}$ à une faible proportion d'individus et, partant, un débit moyen inférieur aux autres organismes n'auraient pas d'effets préjudiciables sur l'ensemble de la population. Les doses de rayonnements nécessaires pour provoquer une incidence préjudiciable importante sont très difficiles à estimer à cause du relèvement à long terme (y compris la régénération naturelle et la migration des individus des zones environnantes moins touchées), du comportement compensatoire et des nombreux facteurs parasites présents dans des populations naturelles

de plantes et d'animaux en milieu terrestre ou aquatique.

Activités et plans de l'AIEA concernant la protection de l'environnement

Les résultats de l'étude de l'UNSCEAR sur les effets des rayonnements sur l'environnement confirment généralement les conclusions d'une autre étude de l'AIEA, parue en 1992*. Ils étayent aussi le point de vue général de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), selon laquelle le niveau de maîtrise de l'environnement nécessaire pour protéger l'homme à un degré estimé aujourd'hui comme souhaitable permettra aux autres espèces de ne pas être en danger**.

Toutefois, les études respectives de l'UNSCEAR et de l'AIEA admettent qu'il existe des circonstances où la conclusion générale peut être inapplicable. En outre, certains prétendent que la déclaration de la CIPR pourrait être interprétée à tort comme un manque de souci de l'environnement. Pour ces raisons et d'autres, un mouvement a été lancé dans certains pays en vue d'établir des normes spécifiques pour protéger l'environnement. La question a été débattue à un colloque de l'AIEA, en 1996***. Reconnaisant pleinement le débat en cours, l'AIEA organisera une série de consultations d'experts en 1997 et en 1998 afin de déterminer le point de vue prépondérant dans les Etats Membres. Selon l'issue de ce débat, un objectif envisageable serait d'élaborer une norme de sûreté qui refléterait le consensus international sur cette question importante.

* *Effects of ionizing radiation on plants and animals at levels implied by current radiation protection standards*, Collection Rapports techniques n° 332, AIEA, Vienne (1992).

** Commission internationale de protection radiologique, *Recommandations de 1990 de la Commission internationale de protection radiologique*, CIPR, Publication 60, Annales de la CIPR 21 (1-3), Pergamon Press, Oxford (1993).

*** Voir «Conséquences radiologiques des rejets de radioactivité: les problèmes mondiaux», *AIEA Bulletin*, vol. 38, n° 1 (1996).