



HAL
open science

Les pollutions radioactives, que faut-il en penser ?

Guy Lacourly

► **To cite this version:**

Guy Lacourly. Les pollutions radioactives, que faut-il en penser ?. Revue forestière française, 1971, 23 (3), pp.331-343. <10.4267/2042/20498>. <hal-03395071>

HAL Id: hal-03395071

<https://hal.science/hal-03395071v1>

Submitted on 22 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

LES POLLUTIONS RADIOACTIVES

QUE FAUT-IL EN PENSER ?

G. LACOURLY

Class. Oxford U 628.55

Parmi les différents types de pollution du milieu, la pollution radioactive est incontestablement celle qui est la plus mal connue, et cependant c'est aussi celle qui a suscité les mesures de protection à la fois les plus sévères et les plus scientifiquement établies.

Certes, la pollution radioactive a ses propres caractéristiques, mais du point de vue de l'homme et de l'écologie, c'est une pollution parmi les autres et les risques qui en résultent devraient être évalués sur les mêmes bases.

En effet, ce qui est en cause, avant tout, c'est bien l'homme vivant dans son milieu naturel ou artificiel et les différentes nuisances ou pollutions résultant de son action sur ce milieu, actions qui entraînent ou peuvent entraîner des effets biologiques directs sur les individus ou les populations, ou des effets indirects par l'intermédiaire de la biosphère.

Quelle que soit l'origine de la pollution du milieu, c'est donc vers l'homme qu'en convergent les effets, et, dans ces conditions, il va de soi que les critères à prendre en considération, pour en apprécier les risques, ne devraient pas être différents d'un type de pollution à l'autre. Or, il n'en a pas toujours été ainsi. Il serait vain d'en chercher les raisons exactes. Disons que l'homme s'accommode plus volontiers de certaines nuisances que d'autres et accepte plus volontiers certains risques que d'autres, même si ceux-ci menacent directement sa personne.

Accepter un certain niveau de pollution, c'est le plus souvent accepter certains risques. Et comme il appartient aux pouvoirs publics de fixer le niveau de pollution acceptable, ceux-ci ne peuvent le faire que dans la mesure où ils disposent de bases suffisantes d'appréciation.

Implicitement ou non, toute réglementation résulte d'un compromis, d'un bilan entre les avantages résultant d'une industrie et les risques qui en dépendent pour l'homme et son milieu. C'est une philosophie assez générale. Encore que, pour la mettre en pratique, il faut disposer d'un certain nombre de données d'ordre quantitatif. Certaines sont difficiles à évaluer, par exemple, la vie humaine. Alors, il n'y a pas d'autres ressources que de faire des comparaisons entre les risques acceptés dans les différents domaines, où les décisions prises équivalent à une évaluation implicite du risque.

Pour des raisons de commodité et aussi par mesure d'économie, beaucoup d'établissements industriels se débarrassent de leurs déchets en les rejetant dans le milieu ambiant, le plus souvent d'ailleurs sur les lieux mêmes ou à proximité du lieu de production. Les effluents gazeux et les aérosols sont rejetés dans l'atmosphère, les

effluents liquides dans le sol, dans les rivières ou dans la mer. Quant aux déchets solides, le plus souvent ils sont déposés sur le sol.

Il en est résulté la pollution actuelle du milieu, contre laquelle les mesures de protection et les réglementations ne sont apparues qu'à partir du moment où les dommages ont été jugés intolérables, soit pour des raisons sanitaires, soit pour toute autre raison.

L'industrialisation et l'urbanisation font partie de l'évolution inéluctable de l'espèce humaine. Les risques qui en résultent pour la santé des populations et pour les biens sont eux aussi inévitables. Ils sont acceptés, à condition de rester en deçà de certaines limites fixées par les règlements.

L'apparition des « smogs » sous certains climats n'a pas empêché l'urbanisation. On a simplement limité ses effets nocifs par une réglementation.

Les usines de pâte à papier qui consomment de très grandes quantités d'eau très pure, rejettent à la rivière, après traitement, des quantités équivalentes d'eau polluée. Là encore, la réglementation n'est intervenue qu'après qu'on eut constaté les funestes effets de la pollution sur la faune des rivières.

La pollution de l'air et de l'eau occupe évidemment une place relativement importante dans les préoccupations des pouvoirs publics, car elle affecte de grands groupes de population.

Mais il est bien évident qu'il n'est pas possible de tout réglementer — et il arrive que des produits nouveaux lancés sur le marché aient des effets nocifs sur la santé. Les exemples en sont nombreux, ne serait-ce que les pesticides employés en agriculture, dont on essaie actuellement de réglementer l'emploi.

L'industrie atomique a eu le privilège de naître dans une ambiance marquée par la psychose du risque radioactif, psychose engendrée par trois faits, d'abord les cancers qui ont atteint les premiers radiobiologistes, ensuite les effets des bombardements atomiques, enfin les incertitudes qui pèsent encore sur les effets à long terme, en particulier les effets génétiques.

Dans ces conditions, l'industrie nucléaire ne pouvait naître et se développer qu'à l'abri d'un luxe de précautions, inconnu dans aucune autre industrie, pour assurer la sécurité des travailleurs et la protection des populations. Cette situation a eu, en outre, pour effet de stimuler les recherches dans ce domaine.

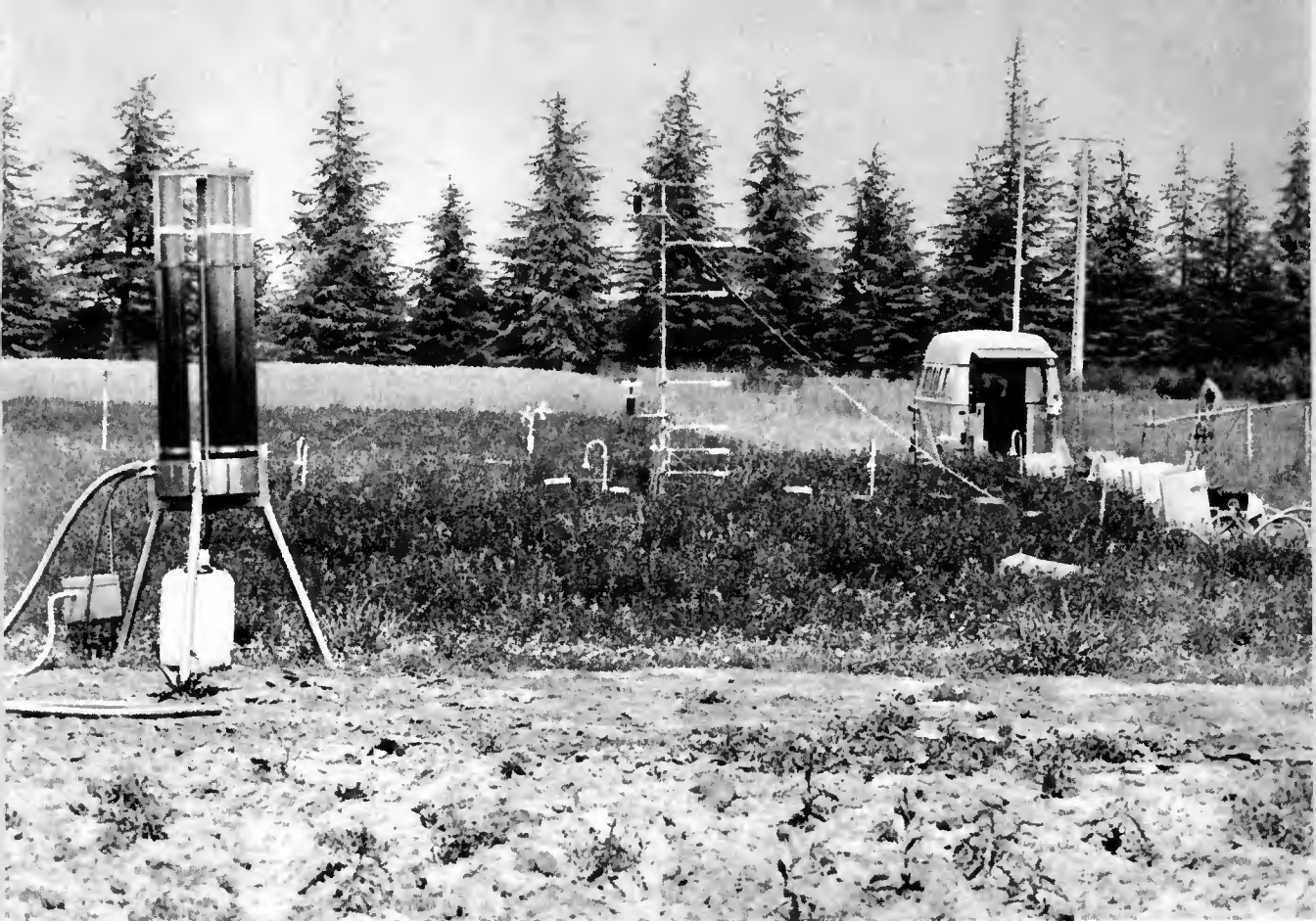
Aujourd'hui encore, les normes de protection sont toujours affectées de très larges coefficients de sécurité pour tenir compte des incertitudes qui pèsent encore sur les mécanismes de transfert de la radiocontamination à l'homme.

Or, le développement de la production d'énergie nucléaire, ainsi que la multiplicité des usages sans cesse croissants des radioisotopes dans la recherche, l'industrie, la médecine, sont inévitablement liés à la production de déchets ou d'effluents radioactifs dont il faut bien se débarrasser d'une façon ou d'une autre, sous peine de léguer aux générations suivantes un héritage dangereux et encombrant.

Le traitement et l'évacuation de ces déchets constitue donc un problème essentiel pour le développement de l'industrie nucléaire.

Pour l'aborder, il est utile de rappeler brièvement les caractères propres à la pollution radioactive, caractères qui font que les problèmes qu'elle pose se présentent sous un angle assez différent des problèmes posés par d'autres types de pollution.

1) Tout d'abord, ce qui caractérise essentiellement la pollution radioactive, c'est la présence de substances radioactives dans les déchets ou effluents déversés dans le milieu. Or, les substances radioactives ont la propriété d'émettre des rayonnements qui, agissant sur la matière ou sur des tissus vivants, provoquent directement ou indirectement l'ionisation, c'est-à-dire la formation d'atomes ou de fragments de molécules chargés, donc d'ions.



Etude de la contamination atmosphérique par un aérosol radio-actif. Mesure du dépôt sur un champ de luzerne et de ses variations en fonction des facteurs météorologiques

Photo CEA - D.P.S. - Radioécologie

Libérées dans le milieu, les substances radioactives sont donc des sources de rayonnement susceptibles d'entraîner une irradiation externe ou interne des êtres vivants. Les phénomènes d'ionisation qui en résultent peuvent avoir pour conséquence des effets biologiques dont les plus graves sont les effets somatiques à long terme et les effets génétiques.

2) Les substances radioactives présentes dans les aliments ou l'eau de boisson peuvent être dangereuses pour l'homme à des concentrations très basses, — généralement beaucoup plus basses que les autres substances toxiques.

Considérons par exemple le radium-226. La Commission Internationale de Protection Radiologique fixe comme limite pour les individus du public la concentration de $1 \times 10^{-8} \mu\text{Ci}$ par cm^3 pour ce radionucléide dans l'eau de boisson.

Or, on sait que Ra-226 a servi de référence pour définir l'unité de radioactivité, le curie qui est égal à l'activité de 1 g de Ra-226, unité qui correspond à une émission de $3,7 \times 10^{10}$ particules par seconde.

La concentration maximale admissible pour le Ra-226 équivaut donc à une concentration 1×10^{-14} g/ cm^3 .

Notons cependant que dans le cas des radioisotopes à période longue de l'uranium, ce sont les effets toxiques d'origine chimique qui servent de base à l'établissement des normes. Mais ce cas constitue une exception.

3) Une autre caractéristique de la pollution radioactive qu'il convient de remarquer réside dans le fait qu'aux concentrations considérées comme limitatives pour l'homme au point de vue sanitaire, aucune action décelable sur les autres espèces végétales ou animales n'a été constatée. On peut donc dire que si les normes de protection établies pour l'homme sont respectées, aucun risque de perturbation des équilibres naturels n'est à redouter.

4) Les substances radioactives sont soumises à une loi de décroissance exponentielle qui se traduit par une diminution progressive de leur activité. Chaque radioélément, chaque radioisotope est caractérisé par sa « période de décroissance » qui n'est autre que le temps nécessaire à une perte d'activité égale à la moitié de la radioactivité initiale. Cette période est différente et varie pour chaque radioisotope entre quelques microsecondes et des dizaines de milliers d'années.

On conçoit dans ces conditions que les radioéléments les plus redoutables seront ceux qui risquent de s'accumuler par suite de la longueur de leur période de décroissance. Ainsi, le strontium-90 a une période de 28 ans, le plutonium-239 de 24.000 ans.

Par leur nature, les substances radioactives s'éliminent d'elles-mêmes plus ou moins rapidement, avantage que l'on peut mettre à profit dans le stockage.

Ainsi, si l'on considère un mélange de radioéléments tel que celui qui résulte de la fission de l'uranium-235, on peut considérer qu'il subsiste environ 10 % de la radioactivité initiale après 25 ans, et seulement 1 % après 70 ans. Par contre, aucune diminution sensible d'activité n'est à attendre du stockage de déchets de Pu-239.

5) La radioactivité introduite dans un milieu ne peut être détruite ni par voie chimique, ni par voie biologique. Elle ne peut disparaître qu'avec le temps, suivant le processus de la décroissance qui vient d'être évoqué.

Après ces remarques préliminaires, nous essaierons de répondre aux questions suivantes : d'où vient la pollution radioactive ? Comment atteint-elle l'homme ? Quels sont les moyens de prévention et de protection ?

Nous essaierons enfin de tirer quelques conclusions au présent et au futur.

LES SOURCES DE POLLUTION RADIOACTIVE

LES SOURCES NATURELLES D'IRRADIATION

De tous temps, les populations humaines ont été soumises à des rayonnements d'origine très variée.

Indépendamment de l'irradiation directe due aux rayons cosmiques et aux rayonnements de matières radioactives contenues dans les roches, l'homme est soumis à une certaine irradiation interne due aux radioéléments d'origine naturelle contenus dans l'air, l'eau de boisson et les aliments, et qui peuvent se déposer dans l'organisme après ingestion ou inhalation.

La plus grande partie de la radioactivité naturelle de l'organisme est due à des éléments des séries de l'uranium et du thorium, au potassium 40 et au carbone 14.

Les débits de dose provenant des rayonnements d'origine naturelle varient d'une région à l'autre dans d'assez larges limites. En moyenne, la dose annuelle est de l'ordre de 100 millirems par an. Elle peut atteindre 200 millirems dans les régions granitiques françaises. Aux Indes et au Brésil, on a observé dans des régions limitées des doses annuelles dépassant 1.000 millirems, dues à la présence du thorium.

De nombreux facteurs affectent la dose d'irradiation absorbée par l'homme à partir de la radioactivité naturelle. Parmi ces facteurs, citons l'âge, le sexe, les habitudes alimentaires, le site de la résidence, le type d'habitation, le système de chauffage.

La dose absorbée dans les poumons, due au radon (^{222}Rn) qui s'échappe des matériaux de construction, peut varier d'un facteur 100 suivant les types de construction.

Des niveaux de radium et de thorium dépassant les niveaux admissibles pour l'eau de boisson ont été relevés dans certaines eaux actuellement consommées.

La dose d'irradiation externe provenant des rayons cosmiques varie avec l'altitude et la latitude. A La Paz (Bolivie), la dose d'irradiation externe due aux rayons cosmiques atteint quatre fois la valeur moyenne relevée au niveau de la mer.

Au cours d'un voyage aérien à 12.000-13.000 mètres d'altitude, la dose externe peut atteindre 0,12 millirems par heure, soit 12 fois la dose reçue au niveau de la mer.

L'irradiation naturelle est importante à considérer car elle sert de référence pour comparer les doses de rayonnement d'origine artificielle.

LES SOURCES ARTIFICIELLES DE CONTAMINATION RADIOACTIVE

Dans les conditions actuelles, la pollution radioactive du milieu a deux origines principales qui sont les explosions d'armes nucléaires et les déchets radioactifs.

EXPLOSIONS D'ARMES NUCLÉAIRES

Une explosion nucléaire s'accompagne de la production de quantités variables de produits de fission, suivant la nature du processus utilisé, et d'une radioactivité induite dans les matériaux de l'engin ou dans le milieu (produits d'activation).

Les produits de l'explosion se déposent à la surface de la terre sous forme de retombées, pendant une période qui varie de quelques minutes pour les retombées locales, quelques mois pour les retombées de la troposphère, et plusieurs années pour les matières ayant atteint la stratosphère. Par suite de l'extrême variété des périodes radioactives des différents radionuclides, la composition du mélange de produits de fission présents dans les retombées varie considérablement avec le temps. Après plusieurs années, seuls subsistent les radionuclides à vie longue, tels le strontium 90 et le césium 137.

Les explosions nucléaires qui ont eu lieu au cours des dix dernières années ont imposé des mesures de surveillance très étroites, non seulement au voisinage des explosions, mais sur tous les continents, afin de contrôler le niveau de la radioactivité du dépôt et des différents produits alimentaires.

Les doses d'irradiation dues aux retombées dépendent de la nature et de la quantité des radioéléments qui se trouvent dans le milieu ambiant. Elles dépendent également de facteurs géographiques et humains, tels que le régime alimentaire des populations.

Les groupes de population les plus contaminés à la suite des explosions nucléaires se situent en Alaska. L'irradiation est due principalement au césium-137. Déposé sur la Toundra, le Cs-137 passe dans les lichens consommés par les rennes qui le fixent dans leurs muscles. Les esquimaux, grands consommateurs de viande de renne, constituent de ce fait le groupe de population critique. On considère que pendant toute la période des tests nucléaires, les doses d'irradiation reçues par ces esquimaux n'ont pas dépassé deux à trois fois la dose due à la radioactivité naturelle.

En pondérant les doses selon les facteurs géographiques et démographiques, on a pu estimer la « dose moyenne engagée » pour l'ensemble de la population mondiale.

Cette dose engagée a été estimée à 111 millirems (dose-gonades) pour les essais de 1954 à 1961, et à 30 millirems par année d'essai pour les années ultérieures.

Pour indiquer un ordre de grandeur, on peut dire que sur le plan de la population mondiale, la dose engagée due aux tests nucléaires correspond à environ deux années d'exposition à la radioactivité naturelle.

Enfin, il convient de noter que les armes de fusion, dont seule l'amorce est une source de produits de fission, sont considérées comme beaucoup moins polluantes. Elles libèrent peu de produits de fission, mais par contre produisent des quantités plus grandes de produits d'activation, notamment du tritium et du carbone 14. Malgré l'importance biologique de ces deux éléments qui peuvent se trouver incorporés dans les structures chromosomiques et induire des mutations, les conséquences des tirs actuels sont négligeables.

LES DÉCHETS RADIOACTIFS

Le fonctionnement des usines atomiques pour la production d'énergie et de radioéléments, aussi bien que l'utilisation de ceux-ci à des fins médicales ou de recherche scientifique aboutissent inévitablement à la production de déchets radioactifs.

Ces déchets apparaissent à tous les stades de production :

- extraction et traitement des minerais
- préparation des éléments combustibles

Etude du comportement des radio-éléments rejetés dans les eaux avec les effluents liquides - Prélèvement d'un échantillon de sédiment

Photo CEA - D.P.S. - Radiécologie



- fonctionnement des réacteurs
- traitement des combustibles irradiés.

Les déchets produits dans les deux premiers stades ne comprennent que des radioéléments naturels et leur activité spécifique est habituellement faible. Le fonctionnement des réacteurs entraîne la formation de quantités considérables de produits de fission, mais tant que le réacteur fonctionne normalement les déchets sont essentiellement constitués de produits d'activation et leur activité spécifique est assez peu élevée.

Les quantités les plus importantes de déchets proviennent du traitement des combustibles irradiés et comprennent presque uniquement des produits de fission.

Les déchets résultant des applications médicales, industrielles et scientifiques des radioéléments contiennent moins de radioactivité, mais la dispersion des établissements pose un problème d'évacuation non négligeable.

Enfin, des accidents peuvent se produire dans les installations provoquant une libération non contrôlée de substances radioactives dans le milieu ambiant.

Déchets et effluents des installations en marche normale

La radioactivité des déchets ne pouvant être détruite ni par voie chimique, ni par voie biologique, leur élimination pose des problèmes particuliers.

Pour cela, on dispose de deux moyens essentiels :

- 1) la dilution dans le milieu environnant lorsque la radioactivité est faible,
- 2) le stockage lorsque la radioactivité est plus élevée.

Le choix des moyens à mettre en œuvre dépend donc de l'activité des déchets, mais aussi de leur nature physique, suivant que les déchets se présentent sous forme de gaz, de poussières, de liquides ou de solides.

Méthodes d'évacuation

Pour la plus grande partie, les déchets radioactifs sont concentrés et stockés dans des conditions telles que leur confinement est total, qu'il n'y a aucune dispersion dans le milieu environnant et, par suite, aucune atteinte possible de l'homme.

Mais il est pratiquement impossible de confiner tous les déchets et les effluents de faible activité sont le plus souvent dispersés dans le milieu ambiant, où ils se diluent suffisamment pour que la dose finalement délivrée à l'homme soit acceptable. Il y a donc une limite à l'acceptabilité du milieu ambiant.

● *Déchets gazeux et aérosols* : un seul mode d'élimination est possible : la dilution dans l'atmosphère. Auparavant, les effluents gazeux sont débarrassés de leurs poussières au moyen de filtres du type absolu (point d'arrêt de 99,98 %). La hauteur de la cheminée garantit en outre une diffusion suffisante avant le retour au sol.

Bien qu'on ne dispose que de très peu d'informations quantitatives sur l'activité des rejets atmosphériques, on a pu calculer dans de nombreux cas, les doses d'irradiation qui en résultent pour l'homme et on a constaté qu'elles sont très petites.

● *Déchets liquides* : deux cas sont à considérer. D'une part les déchets liquides à haute activité qui ne doivent en aucun cas être libérés dans le milieu ambiant. Ils sont stockés, soit dans des réservoirs, soit solidifiés et généralement enfouis dans le sol. Le risque de pollution radioactive est nul. En tout cas il ne pourrait résulter que d'un accident. D'autre part les déchets liquides à moyenne et basse activité qui représentent la majeure partie des effluents liquides. En raison de leur volume, leur stockage est impossible. Ils sont habituellement dilués dans les eaux de surface après avoir été débarrassés de la plus grande partie de leur radioactivité par des traitements chimiques appropriés. La radioactivité résiduelle est suffisamment faible pour que la radioactivité des eaux reste inférieure aux normes de protection.

Les boues résultant du traitement sont stockées, soit dans des récipients, soit sous forme d'enrobés de bitume.

● *Déchets solides* : ils comprennent le matériel contaminé, les résidus de fabrication, déchets de laboratoires, etc. Selon leur activité et les conditions ambiantes, ils sont soit emmagasinés et stockés de manière permanente, par exemple dans des tranchées revêtues de béton, ou ensevelis dans des récipients ou déposés au fond de la mer.

La grande majorité des déchets solides ont une activité faible. Le problème le plus important à résoudre est la réduction de leur volume. L'incinération et le compactage apportent une solution satisfaisante à ce problème.

Accidents nucléaires

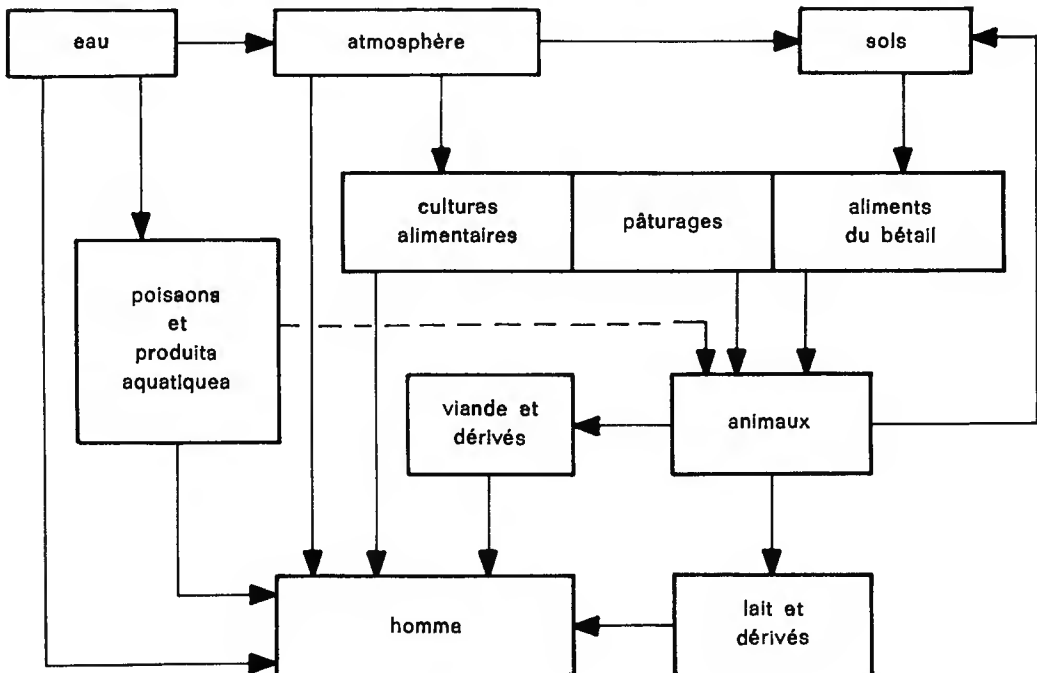
Un accident survenant dans une installation nucléaire peut avoir pour conséquence la libération de substances radioactives dans le milieu environnant et, par conséquent, doit être considéré comme une source possible de pollution.

Si l'on ne peut jamais se prémunir totalement contre un accident, il est toujours possible d'en prévoir les conséquences.

Pour certaines installations, telles que les réacteurs de puissance, les conséquences d'un accident possible interviennent dans le choix du site et la conception du projet de l'installation. En outre, des éléments techniques de sécurité, destinés à limiter la quantité de radioéléments libérée sont prévus pour réduire les risques.

Un plan d'intervention est d'autre part préparé à l'avance et les moyens nécessaires mis en place. Enfin, un plan général de surveillance est établi, permettant de procéder dans le minimum de temps aux prélèvements et examens nécessaires au choix

Schéma général des transferts de la contamination radio-active du milieu à l'homme



des décisions à prendre. Les seules mesures à prendre sont d'ailleurs des mesures de sauvegarde, telles que l'éloignement des populations, et certaines restrictions apportées à la consommation des produits agricoles, et, éventuellement de l'exploitation des sols.

Fort heureusement, l'expérience française en matière d'accident est très limitée. Cependant, les rares accidents survenus en Grande-Bretagne et aux U.S.A. ont montré que les risques pour les populations sont finalement de peu d'importance. Les risques de pollution, dus aux accidents, sont en tous cas extrêmement faibles.

Le seul accident ayant entraîné l'exposition du public est devenu célèbre. C'est celui de Windscale (Grande-Bretagne), survenu en 1957 sur un réacteur de production militaire d'un type périmé. On a estimé que la dose maximale reçue par inhalation de l'iode-131 par les enfants au voisinage du réacteur a été de 16 rads, ce qui est relativement faible et considéré comme une dose négligeable, lorsqu'il s'agit d'une dose unique. On a cependant surveillé la consommation du lait et des légumes pendant six semaines sur une surface de 500 km².

VOIES ET MODALITES D'ATTEINTE DE L'HOMME

Les substances radioactives rejetées dans les différents milieux peuvent atteindre l'homme par des voies et selon des modes différents suivant le type de rejets effectués et la nature des radioéléments rejetés.

Suivant le mode d'évacuation des rejets, on distingue :

- l'évacuation dans l'air
- l'évacuation dans les cours d'eau et les lacs
- l'évacuation dans les mers et les océans
- l'évacuation à la surface du sol.

EVACUATION DANS L'AIR

Les gaz entraînent principalement une irradiation externe de l'organisme. Les aérosols insolubles contaminent l'appareil respiratoire après inhalation. Les aérosols solubles pénètrent dans l'organisme par ingestion alimentaire.

Un exemple classique du transfert de la contamination atmosphérique à l'homme est celui de l'iode-131.

Déposé sur l'herbe des pâturages, l'iode-131 est ingéré par les vaches, puis sécrété dans le lait. Le lait est ensuite consommé par les populations, notamment les enfants.

D'une façon générale, c'est le risque alimentaire qui est le plus important à considérer pour une installation en fonctionnement normal.

Par contre, dans le cas d'un accident, tous les risques conservent toute leur importance.

EVACUATION DANS LES COURS D'EAU ET LES LACS

Les risques d'irradiation externe que peuvent entraîner les rejets dans les cours d'eau et les lacs sont limités à des circonstances telles que les bains et sports nautiques, qui entraînent un contact plus ou moins prolongé avec les eaux contaminées et les sédiments.

Les risques de contamination interne sont généralement plus importants. Ils sont liés à l'utilisation de l'eau à des fins alimentaires ou agricoles.

En premier lieu, l'eau contaminée peut être ingérée par l'homme sous forme d'eau de boisson, ou d'eau incorporée aux aliments. Mais les transferts de la contamina-

tion à l'homme se font également par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire, suivant des mécanismes très complexes qui font l'objet de nombreuses études.

L'eau polluée peut en effet contaminer les végétaux et les animaux directement ou indirectement par l'intermédiaire des sédiments et des chaînes alimentaires aquatiques.

Elle peut également être utilisée pour l'irrigation. Il peut y avoir alors fixation immédiate par les végétaux ou contamination indirecte par l'intermédiaire du sol. Les végétaux irrigués peuvent être utilisés à leur tour comme fourrages pour les animaux et il peut en résulter une certaine contamination du lait, de la viande, des œufs.

En ce qui concerne les rejets dans les eaux douces, on peut dire que l'eau de boisson, les cultures vivrières arrosées avec une eau polluée et les poissons, constituent les principaux modes d'exposition du public.

Dans les conditions actuelles, les doses d'irradiation reçues par les populations considérées comme les plus exposées sont insignifiantes par rapport à la dose due à la radioactivité naturelle.

EVACUATION DANS LES MERS ET LES OCEANS

La capacité des océans offre de très larges possibilités d'isolement d'une part, de dilution d'autre part, qui sont mises à profit suivant deux méthodes.

La première consiste à déverser directement des déchets liquides d'installations atomiques dans les eaux côtières ; la seconde, consiste à déposer les déchets solides au fond de la mer après les avoir scellés dans des récipients étanches, ce qui permet un isolement pendant un temps suffisant pour que, en raison de la décroissance, les substances radioactives passant dans les eaux marines, se diluent à un niveau acceptable. A partir de la mer, les risques de retour à l'homme se font suivant trois processus principaux, à savoir, la contamination d'organismes marins comestibles, la contamination des sédiments et par conséquent des engins de pêche, et la contamination des plages. Il faudrait ajouter pour être complet, l'utilisation de produits marins comme engrais et comme aliments du bétail.

On peut avoir une idée des différents modes d'exposition en se référant aux installations nucléaires du Royaume-Uni qui rejettent leurs effluents liquides en mer. Les centrales nucléaires de Bradwell, Berkeley et Hinkley Point rejettent surtout des produits d'activation, tels que ^{65}Zn et ^{60}Co . Près de Bradwell, il y a des bancs d'huîtres et l'on sait que les huîtres ont la propriété de concentrer le ^{65}Zn . Ce sont donc les consommateurs d'huîtres qui seront le plus exposés.

A Berkeley et Hinkley Point, ce sont les pêcheurs locaux qui seront les plus exposés, car, outre que ce sont des consommateurs de produits marins, ils séjournent longtemps sur les sédiments d'un estuaire, auprès de leurs engins de pêche. L'usine de traitement de combustible irradié de Windscale rejette en mer du ^{106}Ru . Ce radioélément se concentre dans une algue comestible, que l'on récolte près de l'usine. Ce sont les consommateurs de ces algues qui sont le plus exposés.

Dans tous les cas, les doses reçues à partir des rejets en mer restent très modestes (1/100 de la dose admissible).

En ce qui concerne le stockage des déchets solides sur les fonds marins, on ne dispose encore que d'une expérience limitée.

En 1967 cependant, une opération de ce genre a été tentée dans l'Océan Atlantique, sous l'égide et le contrôle de l'Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire (ENEA). Cinq pays y ont participé : le Royaume-Uni, la République Fédérale d'Allemagne, les Pays-Bas, la Belgique et la France.

11.000 tonnes de déchets solides, présentant une activité de 8.000 curies ont été immergés à 5.000 mètres de profondeur.

Les risques résultant de cette immersion ont été évalués par un groupe d'experts internationaux. Ce dernier a conclu que l'évacuation régulière de déchets radioactifs solides au fond de l'Atlantique, à une cadence de 10.000 Ci par an ne donneraient lieu qu'à des ingestions de radioactivité par l'homme inférieures de plusieurs ordres de grandeur aux valeurs maximales actuellement recommandées.

Les experts ont en outre conclu qu'il ne pourrait en résulter aucun effet sur les organismes biologiques à l'exception peut-être de quelques individus appartenant à certaines espèces se trouvant au voisinage immédiat de la zone d'évacuation.

EVACUATION DANS LE SOL

L'évacuation de déchets radioactifs dans le sol est possible, à condition de pouvoir garantir leur isolement. Un certain nombre de possibilités existent, donnant cette garantie. C'est le cas en particulier de l'utilisation de mines de sel abandonnées, ou de certaines formations géologiques imperméables.

On peut également imaginer de construire spécialement des sites artificiels, en béton par exemple. Mais de telles solutions sont toujours très coûteuses.

Dans tous les cas, un certain contrôle des eaux du voisinage est toujours indispensable, pour déceler le moindre indice de pollution.

LA PROTECTION DES INDIVIDUS DU PUBLIC CONTRE LES RISQUES DE POLLUTION RADIOACTIVE

Elle repose sur deux actions essentielles :

- l'établissement de normes de protection,
- l'organisation d'une surveillance permettant de s'assurer que les normes sont respectées.

LES NORMES DE PROTECTION RADIOLOGIQUE

On entend par « normes de protection », l'ensemble des limites qui peuvent être fixées à l'irradiation externe et à la contamination interne des organismes humains, de façon qu'il n'en résulte pas de dommage appréciable pour les individus ou pour les populations.

L'élimination totale du risque étant impossible, le principe admis est que le risque accepté est compensé par les avantages que l'homme retire des utilisations de l'énergie atomique.

C'est là, l'application d'un principe implicitement admis dans la plupart des entreprises humaines qui comportent des risques pour l'homme.

D'autres considérations ont guidé les autorités responsables dans l'établissement des normes.

C'est d'abord le fait que l'homme a toujours été soumis à la radioactivité naturelle, dont l'intensité varie avec l'habitat. D'autres bases sont données par les résultats d'études expérimentales faites sur des animaux et les observations faites sur l'homme à la suite d'irradiations médicales ou accidentelles.

On peut constater que la dose limite d'irradiation, qui a été recommandée par les autorités internationales pour les individus du public, est de 500 millirems par an,

c'est-à-dire du même ordre de grandeur que la dose d'irradiation résultant de la radioactivité naturelle. Cette dose-limite a été adoptée par la plupart des pays, notamment la France.

LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE

La surveillance radiologique est très attentive et très étroite. Ne pouvant s'exercer sur les personnes elles-mêmes, elle intéresse la plupart des stades de transfert, de façon à s'assurer indirectement que la dose-limite n'est pas dépassée.

Les établissements susceptibles d'entraîner des risques de pollutions radioactives sont, d'autre part, soumis à une autorisation préalable, émanant de l'autorité gouvernementale pour les installations nucléaires de base, et de l'autorité préfectorale pour les autres installations.

CONCLUSIONS

Dans les conditions actuelles, on peut affirmer qu'en France, aussi bien que dans le monde, la pollution radioactive résultant des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire, reste à un niveau extrêmement bas.

Le risque qui en résulte pour l'homme n'est pas nul, puisqu'il est probable qu'il existe des effets sans seuil. Mais il est en tous cas minime, comparé aux autres risques résultant de l'existence moderne.

L'établissement de normes de protection rigoureuses, reposant sur des bases sérieuses, respectées grâce à une surveillance étroite des niveaux de contamination radioactive au niveau des points de rejet et à tous les stades du transfert, donne l'assurance que la dose d'irradiation délivrée au groupe de population le plus exposé reste inférieure à la dose-limite.

Actuellement, tous les résultats de mesure, et ils sont nombreux, montrent que les doses résultant des rejets des installations nucléaires, restent très inférieures à la dose résultant de la radioactivité naturelle.

Il convient de noter en outre qu'aux concentrations considérées comme admissibles pour l'homme dans l'eau et dans l'air, aucune action décelable de la pollution sur les espèces végétales et animales n'a été constatée. Les normes étant respectées, aucune rupture des équilibres naturels n'est donc à redouter.

Qu'en sera-t-il dans l'avenir ?

On doit prévoir le développement de l'industrie nucléaire, donc l'accroissement du volume des rejets et la multiplicité des points de rejet.

Selon les estimations les plus valables, on peut évaluer à 10^{10} curies la quantité totale de déchets radioactifs produits annuellement dans le monde, à l'heure actuelle.

En l'an 2000, on pense que la production annuelle sera cent fois plus, soit 10^{12} curies.

Une partie importante reste stockée et confinée et on estime actuellement à 105 curies l'activité rejetée dans le milieu. Il n'est pas sûr qu'en l'an 2000 l'activité libérée soit supérieure à ce qu'elle est actuellement, car on peut espérer que le perfectionnement des méthodes de traitement éliminera encore une partie de la radioactivité rejetée. En outre, la multiplicité des points de rejet permettra d'éviter une trop grande accumulation dans les sites récepteurs.

Dans tous les cas, et dans l'hypothèse d'une stabilisation des normes de protection

au niveau actuel, il n'y a aucune raison sérieuse de s'attendre à une aggravation des risques pour l'homme et son milieu.

Enfin, il faut considérer qu'en même temps que se développe la production d'énergie nucléaire, se développent parallèlement les applications industrielles, scientifiques et médicales des radioéléments. C'est ainsi que le 90 Sr et le 137 Cs sont de plus en plus utilisés pour construire de petits générateurs de rayonnements.

Ces applications utiles diminuent d'autant l'activité des déchets en même temps qu'elles rentabilisent les dépenses de séparation. On retrouve là un processus connu dans d'autres industries, dont les progrès ont résulté de l'utilisation des sous-produits.

Finalement, autant qu'on peut le prévoir à partir de la situation présente et des connaissances actuelles, grâce à des normes de protection rigoureuses et à une étroite surveillance des niveaux de contamination aux différentes étapes du transfert à l'homme, les conséquences de la pollution radioactive sont insignifiantes et resteront insignifiantes dans le futur immédiat aussi bien pour les populations humaines que pour l'ensemble de la biosphère.

Au surplus, l'efficacité des méthodes et des moyens mis en œuvre pour assurer la protection de l'homme et de son environnement contre la pollution radioactive est telle qu'on est en droit de souhaiter qu'elle serve de modèle pour tout autre type de pollution ou de nuisance.

Il ne faut pas oublier non plus que, grâce au développement de l'énergie nucléaire, les diverses applications de l'électricité sont de nature à permettre une décroissance marquée de la pollution due aux centrales thermiques, aux foyers industriels et domestiques.

Cette observation tend à confirmer que les différentes sources de pollution ne devraient pas être considérées isolément, qu'elles forment un tout et que de plus en plus les méthodes modernes de recherche opérationnelle permettent, à condition de pouvoir quantifier les données, de choisir les solutions les plus favorables à la fois à la santé, au bien-être et peut-être aussi au bonheur des hommes.

Guy LACOURLY

Chef de la Section de Protection
de l'Environnement au Commissariat
à l'Énergie atomique

Association EURATOM - CEA
Centre d'Études nucléaires

92 - FONTENAY-AUX-ROSES

BIBLIOGRAPHIE

- JAMMET (H.) et DOUSSET (M.). — Principes généraux de la protection contre les rayonnements ionisants. In. *Génie atomique*. — Paris, P.U.F., 1968. — Vol. 2, pp. 211-247.
- JAMMET (H.), MECHALI (D.), DOUSSET (M.). — Problèmes sanitaires posés par l'élimination des déchets radioactifs et par les accidents nucléaires. — Genève, 1964. — A Conf. 28/P/870. Rapport CE A - R - 2641, 1964.
- DUHAMEL (F.). — Analyse et bilan des risques associés à la gestion des déchets radioactifs. Premier Congrès International de l'Association Internationale de Radioprotection, Rome, 1966. — Oxford, Pergamon Press, 1968. — Vol. 1, pp. 637-641.
- Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 9. — Oxford, Pergamon Press, 1966.
- Principles of environmental monitoring related to the handling of radioactive materials, Publication 7. — Oxford, Pergamon Press, 1966 (Trad. franç. éditée par le Commissariat à l'énergie atomique).
- ETATS-UNIS. — Report of the U.N. Scientific Committee on the effects of atomic radiation. General Assembly, 13rd session, supplement N° 17, New York, United Nations, 1958.
- COMAR (C.L.), LENGEMANN (F.W.). — General principles of the distribution and movement of artificial fallout through the biosphere to man. — Stockholm, Oxford, Pergamon Press, 1966, pp. 1-18.