

RISQUE INDIVIDUEL, DOMMAGE COLLECTIF, ET CENTRALES NUCLEAIRES

M. DELPLA

Comité de radioprotection, EDF
Paris, France

Abstract - The author specifies the way that leads from an individual risk to the theoretical collective damage in the matter of irradiation by nuclear power plants; in so doing he endeavours to show people's reactions towards nuclear power plants can be altered and on the other hand set free from any emotional loads. Finally he states the necessity of defining our concepts precisely and of giving them denominations that cause no anxiety.

1 - Introduction

Les termes "risque" et "dommage" foisonnent dans la littérature qui traite de radioprotection. De nombreux auteurs les emploient indifféremment; certains vont même jusqu'à désigner par risque, ou par dommage, les effets différés de l'irradiation... ou l'irradiation elle-même.

La personne (physique ou morale) qui crée un risque doit - sans contexte - réparation du dommage, s'il s'en produit. En ce qui concerne les centrales nucléaires le risque proviendrait, si l'on n'y prenait garde, des rayonnements ionisants. Le dommage s'exprimerait, par exemple, en cancers, en "morts génétiques". En matière de réparation, on rechercherait un lien de causalité entre le risque créé et le dommage incriminé, cas par cas, et a posteriori.

En 1955, à Genève, au cours de la conférence organisée par l'ONU sur les utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire, le monde industriel et scientifique a cru - sans doute un peu prématurément - que cette forme d'énergie allait vite prendre le pas sur les autres formes, grâce aux centrales nucléaires.

L'hygiéniste, jusque là, observait l'évolution de l'état sanitaire de la population soumise à une pollution industrielle croissante; il suivait les résultats des recherches accomplies en vue de limiter cette pollution; au besoin, il engageait le législateur à prescrire des mesures de précaution. L'un et l'autre se résignaient: l'amélioration du niveau de vie et, partant, du bien-être et de l'état sanitaire, due au développement industriel, permettait de tolérer des inconvénients jugés raisonnablement supportables. Connaissant les dangers des rayonnements ionisants et, partant, d'un développement anarchique de l'industrie nucléaire, sous le couvert et sous l'autorité de la commission internationale de radioprotection (CIRP), il a émis des recommandations¹ suivant lesquelles le législateur a, préventivement, limité l'irradiation des personnes à un niveau jugé très prudent. Par la suite, n'ignorant pas l'importance des décisions prises, il a voulu prévoir quelles pourraient être les conséquences lointaines de cette irradiation. Ses prévisions, qu'il juge admissibles, alarment le profane.

Dans ce texte, de longueur limitée, destiné à souligner la nécessité de définitions, je me bornerai à reprendre des notions récemment exposées ailleurs²⁻⁴. Je vais seulement rappeler comment, pour ascoir ses prévisions, l'hygiéniste est passé de la notion de risque individuel à celle de dommage collectif; ce faisant, je mettrai en relief la nature toute théorique du risque qui sert de base au calcul de ce dommage, ainsi que la nécessité d'éviter les dénominations qui, sans raison, donnent prise à l'angoisse.

2 - Risque individuel

Préalablement, je proposerai une définition du risque individuel. La recherche de son expression quantitative se heurte à d'innombrables difficultés : l'hygiéniste a adopté une relation simplifiée, d'où découle un risque bien particulier. J'ai proposé de l'appeler : "risque individuel théorique", pour bien éviter de la confondre avec le précédent. Diverses dénominations utilisées, dont je donnerai quelques exemples, ne sont pas sans ambiguïté.

2.1 - Définition

D'une façon générale, on peut définir un risque individuel par la probabilité, pour une personne placée dans des circonstances particulières, de subir un préjudice du fait de ces circonstances.

Ici, les "circonstances particulières" sont dues à l'irradiation ajoutée par l'industrie nucléaire. Le préjudice se traduirait par des dommages corporels observables sur certaines des personnes irradiées (effets somatiques différés) ou seulement sur leur descendance (effets génétiques).

2.2 - Recherche d'une relation quantitative

Les affections susceptibles de résulter de l'irradiation ne lui étant pas spécifiques, un rapport de causalité entre risque individuel et irradiation ne peut être établi que statistiquement : on compare des groupes d'individus identiques, sauf pour ce qui concerne celle-ci. Dans chacun de ces groupes on détermine la proportion des personnes atteintes d'une affection déterminée; soit p sa valeur dans un groupe qui a été irradié, et p_0 sa valeur dans le groupe témoin, non irradié. La différence $(p - p_0)$ est fonction : du débit d'équivalent de dose (d), de l'équivalent de dose (D), du champ d'irradiation (f). La forme de la fonction dépend en outre de l'affection considérée (cancer, cause de mort prématurée, par exemple) de la population (âge, sexe, mode de vie, etc...); elle dépend aussi des conditions d'observation, laquelle débute au temps τ après le début de l'irradiation (suivant la valeur de τ , elle peut porter sur la population elle-même, sur sa progéniture, ou sur sa descendance lointaine) et se prolonge un temps t .

A condition d'être connus avant l'irradiation, ayant été déterminés sur des groupes semblables d'effectif suffisant, p et p_0 - et aussi leur différence - peuvent être assimilés à des probabilités. Pour en simplifier la détermination, le chercheur fixe les caractéristiques de l'irradiation (d , D et f), il arrête les conditions d'observation (τ et t), il précise les caractéristiques de la population observée, enfin, il choisit l'affection dont il recherchera le diagnostic. En irradiant plusieurs groupes, donnant à D autant de valeurs qu'il le juge utile, il peut, du moins en principe, pour un individu semblable à ceux qui constituent les groupes et pour l'affection considérée, traduire la variation du rapport de causalité graphiquement, et même mathématiquement, par une approche statistique, avec une relation de la forme :

$$(p - p_0) = \psi(D). \quad (1)$$

Généralement trouvée positive pour des valeurs de D très élevées, la probabilité $(p - p_0)$ peut, lorsque D diminue : au mieux, s'annuler en changeant de signe, au pire, ne plus différer statistiquement de zéro. Cette dernière éventualité (due, soit à ce que l'irradiation n'a produit aucun effet traduit par l'affection recherchée, soit à ce que les effectifs des groupes étaient insuffisants) laisse le chercheur, et, partant, l'hygiéniste, dans l'incertitude.

Comme de fortes irradiations peuvent provoquer des affections nombreuses et comme, pour chaque affection, $(p - p_0)$, fonction de D, dépend de nombreux paramètres, pragmatique, la CIRP¹ a adopté la forme de relation quantitative la plus simple.

2.3 - La relation simplifiée adoptée

La CIRP a fait l'hypothèse que, pour toute affection que peut provoquer l'irradiation, la probabilité d'induction, indépendante de d, est proportionnelle à D. Si k représente la constante de proportionnalité, on peut écrire, pour l'affection considérée :

$$(p - p_0) = k D . \quad (2)$$

La valeur numérique de $(p - p_0)$ étant obtenue à partir de valeurs élevées de d et de D, il me paraît important, dans le domaine des faibles doses, d'écrire :

$$(\pi - \pi_0) = \chi D , \quad (3)$$

pour bien marquer, par des lettres différentes, l'hypothèse de la validité de la substitution de χ à k. Comme $(p - p_0)$, la valeur calculée $(\pi - \pi_0)$ est aussi dénommée "probabilité". Voyons de plus près.

2.4 - Dénomination proposée : risque individuel théorique

Dans l'expression (2) ci-dessus, la différence $(p - p_0)$ ne peut qu'être positive : cette variation de probabilité est donc un risque, un risque supplémentaire. On assimile $(\pi - \pi_0)$ au risque individuel ajouté par toute irradiation de D rem. Pour bien marquer que, dans le domaine des valeurs faibles de D, $(\pi - \pi_0)$ ne correspond à aucune observation ou expérimentation, je l'ai appelé : risque individuel théorique (RIT).

En pratique, l'observation porte sur des groupes d'individus qui diffèrent, mais que l'on recrute au hasard dans la population : la valeur $(p - p_0)$ qui en découle est une probabilité individuelle moyenne, donc $(\pi - \pi_0)$ est un RIT moyen.

Les prévisions ne valent que pour une population semblable à la population d'origine des groupes, que pour l'affection considérée, que pour les mêmes conditions d'observation. Le RIT est évalué, le plus souvent, soit pour la vie entière, soit en moyenne annuelle.

La constante χ est donc le RIT moyen supplémentaire de contracter l'affection considérée, par rem, soit pour la vie entière, soit ramené à l'année. Sa valeur est déterminée pour chacune des affections susceptibles d'être mises en cause (par effet somatique, par effet génétique).

Jusqu'ici, chacun pour ses besoins forge des dénominations particulières, cela ne va pas sans inconvénients pour interpréter les valeurs obtenues.

2.5 - Quelques dénominations usitées

On trouve des définitions éparses dans le rapport de 1964 du comité scientifique de l'ONU⁵ (UNSCEAR) et dans la publication 8 de la CIRP⁶. Le numérateur de la constante χ , non explicitée, est appelée le "risque estimé", par rem (ou par rad), par million de personnes, soit pour la vie entière, soit par an. En 1972 l'UNSCEAR⁷ l'appelle "coefficient de régression", ce qui a l'avantage d'en montrer la nature.

Dolphin et Marley⁸ donnent une expression que je peux traduire, avec mes notations :

$$v = \chi N D , \quad (4)$$

où $(\pi - \pi_0) = \nu/N$. Ils appellent χN le "coefficient de risque" qui, disent-ils, est exprimé habituellement en nombre de cas (pour l'affection considérée) par million d'hommerads ($ND = 10^6$), pour la vie entière.

Enfin, alors que la CIRP⁶ définit le "risque relatif" par le quotient : $(\pi - \pi_0)/p_0$, l'UNSCEAR⁷ le définit par : $(p - p_0)/p_0$.

A titre d'exemple, pour souligner, au besoin, la nécessité d'une codification de notre langue dans notre spécialité, je vais passer en revue les expressions usitées par une même école, celle d'Alice Stewart. Elle définit d'abord un "risque relatif" (1958)⁹, différent des précédents, puis un "risque absolu" (1970)¹⁰; enfin Kneale (1971)¹¹ a introduit un "risque relatif ajouté". Entre temps, la CIRP¹² avait rapporté des valeurs de la "proportion de cas attribuables à l'irradiation" (selon Stewart, 1968).

3 - Domage collectif

On doit, logiquement, appeler le dommage calculé à partir du RIT² : dommage collectif théorique (DCT). Il se déduit simplement de l'expression (3) :

$$(DCT) = \chi ND, \quad (5)$$

où N représente l'effectif de la population irradiée par l'industrie nucléaire; ou encore, si les membres de cette population sont différemment irradiés :

$$(DCT) = \chi (\sum D_i), \quad (6)$$

où $\sum D_i$ est la somme des équivalents de dose individuels.

Cette dernière formule, tout à fait générale, s'applique aussi bien à la prévision d'effets somatiques différés qu'à celle d'effets génétiques à la première génération; des valeurs de χ ont été proposées⁶. Elles dépendent de l'effet somatique considéré. Une seule suffit pour l'ensemble des effets génétiques traduits, suivant H. J. Muller¹³, en "morts génétiques". Une formule semblable peut aussi s'appliquer aux générations lointaines : sous irradiation constante (D conserve la même valeur à chaque génération) la théorie montre qu'un nouvel équilibre finit par être atteint; les hypothèses de calcul supposent, soit des effets antagonistes de "pressions" de mutation (χ a même valeur à chaque génération) et de sélection, soit l'existence d'une "dose doublante". Quelques publications donnent des résultats de calcul de DCT à l'équilibre¹⁴, ou $(DCT)_\infty$; elles inquiètent.

4 - Discussion

Quel qu'il soit, un risque doit d'abord être bien défini, puis évalué par l'hygiéniste qui étudie, s'il y a lieu, à combien le réduire pour le rendre acceptable. C'est au législateur de prescrire les mesures nécessaires, compte tenu des considérations objectives de l'hygiéniste, et aussi, certainement, des réactions subjectives des intéressés.

En ce qui concerne l'énergie nucléaire, l'hygiéniste a innové. On sait que les recommandations de la CIRP¹ indiquent, pour les différents groupes considérés dans la population, des limites d'irradiation d'autant plus basses que leurs effectifs sont plus élevés (c'est logique: voir formule 5 ci-dessus). Vou-
lant prévoir ce que donneraient de telles limites, l'hygiéniste a calculé les principaux DCT, y compris le $(DCT)_\infty$. Les résultats ont permis à la CIRP de juger

que les valeurs trouvées étaient bien "admissibles", ou encore "l'enveloppe du risque, acceptable". Logique, conformément aux conséquences prévisibles suivant son hypothèse de proportionnalité, elle a aussi jugé prudent de prescrire que l'irradiation des personnes soit aussi réduite que possible. Cependant elle n'ignore pas que, pour obtenir un effet déterminé par l'irradiation il faut donner, d'abord à d, puis à D, une valeur supérieure au seuil correspondant à l'effet considéré. Les valeurs de ces seuils sont inconnues pour la plupart des effets différés, à moins qu'ils ne soient très élevés, comme, par exemple, pour la cancérogénèse de la peau par radiothérapie^{15,16}, ou du squelette contaminé par le radium 226¹⁷; ou encore pour l'obtention de mutants, dès la première génération, par irradiation de souris femelles^{18,19}. Sur des générations successives de rongeurs, malgré de fortes irradiations, le $(DCT)_{\infty}$ demeure nul²⁰.

Il est même possible d'obtenir l'inversion de certains effets par diminution progressive de d (à D constant) ou de D (à d constant); par exemple, de façon spectaculaire pour la longévité des rats mâles²¹ (augmentée d'un tiers par 1000 rems en un an); et même, sans doute, pour une affection maligne : le lymphome de la souris^{22,23}.

On comprend ainsi que des membres autorisés de la CIRP déclarent nettement qu'elle n'a aucune raison de publier des recommandations plus restrictives que les dernières¹.

Cependant, dans l'esprit du public, l'irradiation, traduite en leucémies et en malformations congénitales, frappe essentiellement les enfants. Et personne n'admet d'ajouter un tel risque à son compte, aussi faible soit-il. Et des personnes souvent bien intentionnées, des personnalités même, croyant savoir et censées savoir, mais n'ayant pas su interpréter les textes de la CIRP, y puisent des arguments pour alimenter leur propre inquiétude et pour la propager.

Dans les pays intéressés le législateur a calqué sa réglementation sur les recommandations de la CIRP. Voyant que la perspective de la multiplication rapide de centrales nucléaires provoque des réactions de défense, lorsque ce n'est déjà fait²⁴, il se sent disposé à prescrire des mesures restrictives. L'industriel est prêt à le suivre, voire à le précéder. L'inquiétude du public les rend perplexes, c'est le moins que l'on puisse dire : ils ne sauraient négliger les facteurs subjectifs.

Demain, appelé à rechercher a posteriori une relation de cause à effet, le juriste aura bien des difficultés pour disculper la centrale nucléaire tant que subsistera l'hypothèse d'une relation de proportionnalité. Il faudrait lui en donner les moyens; je l'avais proposé il y a une dizaine d'années²⁵.

5 - Conclusion

La CIRP est sereine, mais l'interprétation de ses textes, difficile. C'est à nous, spécialistes de radioprotection, de rassurer en informant. Commençons par réviser notre nomenclature spécialisée dans un sens qui facilite cette tâche. J'ai proposé de présenter cette communication dans cette intention.

Dans les textes de cette commission on trouve les DCT sous la dénomination "enveloppe de risque". Une telle dénomination, a fortiori, si on lui associe des valeurs numériques, provoque des réactions subjectives qui rendent bien malaisée toute information objective. Aussi, en terminant, me permettrai-je de souhaiter vivement que la CIRP désavoue son hypothèse de proportionnalité.

Bibliographie

- 1 - ICRP, Recom. adopted Sept. 9, 1958, Pergamon, Paris (1959).
- 2 - Delpla M. et Vignes S., Tendance en radioprotection, SFRP, Bordeaux (1972) 19-43.
- 3 - Delpla M., XVII^e Congrès int. Médecine Travail, Buenos Aires (1972) à paraître.
- 4 - Delpla M., III^e Congrès régional radioprotection, Jérusalem (1973) à paraître.
- 5 - UNSCEAR, Supplement n° 14 (A/5814), Nations Unies, New York (1964).
- 6 - ICRP, Publication 8, Pergamon, Paris (1966).
- 7 - UNSCEAR, Supplement n° 25 (A/8725) United Nations, New York (1972).
- 8 - Dolphin G. W. and Marley W. G., AHSB(RP)R 93, Harwell, UKAEA (1969).
- 9 - Stewart A., Webb J. and Hewitt D., Brit. Med. J. (1958) 1495-1508.
- 10 - Stewart A. and Kneale G. W., Lancet, 6 (1970) 1185-1188.
- 11 - Kneale G. W., Biometrics (1971) 563-590.
- 12 - ICRP, Publication 14, Pergamon, Paris (1969).
- 13 - Muller H. J., Am. J. Public Health 54 (1964) 42-50.
- 14 - Morgan K. Z., Hearing US Senate, Gov. Print. Of. (1968) 31-64.
- 15 - Maisin J., Symposium Euratom, Bruxelles (1961) 285-296.
- 16 - Rowell N. R., Brit. J. Radiol. 45 (1972) 610-620.
- 17 - Mays C. W., Dougherty Th. F., Taylor G. N., Stover B. J., Jee W. S., Christensen W. R., Dugherty J. H., Stevens W., and Nabors Ch. J., COO-119-242, University of Utah (1970) 385-409.
- 18 - Russell W. L., Nucleonics 23 (1965) 53 - 56, 62.
- 19 - Russell W. L., A/CONF.49/P/677, UN, New York, 13 (1972) 487-500.
- 20 - Green E. L., An. Rev. Genetics 2 (1968) 87-120.
- 21 - Carlson L. D. and Jackson B. H., Rad. Res. 11 (1959) 509-519.
- 22 - Kaplan H. S., J. Nat. Cancer Inst. 10 (1949) 267-279.
- 23 - Mewissen D. J., CONF-691212, US Dep. Com., Springfield (1971) 413-424.
- 24 - Dir. Regul. Stand., Proposed rule making action, USAEC (1973).
- 25 - Delpla M., lettre Direction Protection sanitaire, Euratom (26/12/63).