

Méthodes de détermination du rejet de matières radioactives dans l'environnement

par Louis Farges et Hussein Talaat Daw

Les principes actuellement appliqués en matière de rejet d'effluents radioactifs comportent la plupart du temps le confinement de ces déchets. De nombreuses études (rapport UNSCEAR, 1972) ont montré que les doses aux personnes et aux populations sont en conséquence très faibles. Cependant, de petites quantités de matières radioactives sont rejetées dans l'environnement pendant le fonctionnement normal d'une installation nucléaire. Dans tous les cas où un tel rejet d'effluents radioactifs dans le milieu est toléré, on étudie soigneusement tous les facteurs qui pourraient conduire à une exposition des personnes. Toutefois, le développement des programmes nucléo-énergétiques oblige à fixer avec plus de précision les limites des rejets dans l'environnement en tenant compte aussi bien des sources futures que de celles qui existent déjà.

Les recommandations de l'AIEA sont alignées sur le système de limitation de doses établi par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Ce système implique que l'on ne dépasse jamais les limites de doses aux personnes. En outre, selon les directives de la CIPR, les doses doivent être maintenues au niveau le plus bas possible compatible avec les considérations sociales et économiques. Ce deuxième objectif, connu sous le vocable d'optimisation, suppose une analyse du rapport coût/bénéfice.

Actuellement, d'autres méthodes continuent d'être utilisées pour déterminer les décisions à prendre; elles consistent par exemple à appliquer des facteurs de sûreté aux limites de rejet dérivées uniquement des limites de doses. Cependant, le système de limite des doses, établi par la CIPR, y compris l'optimisation, semble constituer une méthode plus logique de fixation des limites de rejet. L'Agence doit donc réunir des données afin d'étayer les principes d'utilisation et de décision établis à l'intention des autorités des différents pays et elle envisage de publier une série de documents complémentaires sur l'application de ces principes à différents cas particuliers.

PRINCIPES GENERAUX

Il faut d'abord souligner une nouvelle fois que les déchets radioactifs de l'industrie nucléaire, à l'exception d'une infime partie, sont confinés et non rejetés dans l'environnement. Tous les rejets doivent satisfaire aux prescriptions nationales ou locales de sûreté radiologique.

On a tout d'abord estimé qu'il suffisait, pour limiter le rejet de matières radioactives dans le milieu, de limiter les concentrations des différents radionucléides dans les effluents gazeux ou aqueux, la limite étant généralement calculée en pourcentage de la concentration

M. Farges est membre de la Section de gestion des déchets et M. Daw est membre de la Section de sûreté radiologique de la Division de la sûreté nucléaire et de la protection de l'environnement.

maximale admissible recommandée par la CIPR en 1959. Evidemment, cette façon de faire ne suffit pas à empêcher que des quantités importantes de matières radioactives se répandent dans le milieu ambiant si le rejet d'effluents est important. Elle ne garantit pas non plus que les processus écologiques n'élèvent pas fortement la concentration dans certaines substances et n'exposent pas inopinément le public à des doses élevées. Dans de nombreux cas, on a tenu compte de ces possibilités, soit en les prévoyant d'une façon précise, soit en incluant des facteurs de sécurité dans le calcul des limites de concentration ou parfois des quantités de rejet tolérées.

OBJECTIFS DE LA RADIOPROTECTION

La radioprotection doit permettre essentiellement de prévenir les effets aigus et de limiter les risques d'effets tardifs, somatiques et génétiques. Le premier objectif est facile à atteindre car les effets aigus ne découlent que d'expositions à des doses élevées de matières radioactives et à de forts débits de doses. Le deuxième objectif l'est beaucoup moins, principalement en raison de l'absence de renseignements relatifs aux effets sur les personnes des irradiations de faible intensité. L'attitude courante en matière de radioprotection est de partir d'une hypothèse prudente et de considérer qu'il existe un rapport linéaire ne comportant pas de seuil entre la dose et la probabilité d'effets tardifs tels que l'induction de cancers ou de modifications génétiques néfastes. En outre, on admet également que le risque par dose unitaire, qui est calculé d'après les observations des effets qui découlent de doses et de débits de dose élevés, s'applique aussi aux doses et aux débits de dose faibles.

Donc, lorsque la dose augmente peu par rapport au fond naturel de rayonnement, on peut admettre, dans une première approximation, que l'accroissement du risque est proportionnel à l'accroissement de la radioactivité.

Cependant, il n'est peut-être pas toujours souhaitable de montrer la même prudence lorsqu'il s'agit d'évaluer le risque réel associé à des doses faibles, car l'extrapolation linéaire du risque à des doses plus faibles risque de conduire à une surestimation du risque (publication 22 de la CIPR).

Les principes fondamentaux de la radioprotection sont contenus dans les recommandations de la CIPR sur lesquelles sont fondées la plupart des normes fondamentales internationales et nationales de sûreté. En matière de rejets de radioactivité dans l'environnement, la CIPR fait les recommandations de radioprotection suivantes:

1. La dose* totale reçue de toutes les sources d'irradiation, à l'exception de la radioactivité naturelles et des doses absorbées par les malades à des fins médicales, pour les individus pris isolément, ne doit pas dépasser les limites de dose recommandées par la CIPR. Le respect de ces limites de dose ou de toute autre limite plus sévère fixée par des règlements nationaux permet de maintenir dans des limites acceptables chaque risque particulier.
2. Le dommage total du aux irradiations résultant de toute application ou opération doit pouvoir être justifié par les avantages que présente cette application ou cette opération et qui n'auraient pas pu être obtenus autrement. Les avantages et les inconvénients ne touchant pas uniformément toute la population, on ne peut justifier les inconvénients par les avantages que si tous les inconvénients supportés par les individus pris isolément sont suffisamment faibles pour pouvoir être acceptés. Cette condition est remplie si toutes les doses aux individus du public sont en-deça des limites de doses recommandées.

* Le terme dose employé ici signifie équivalent de dose dont l'unité est, sauf indication contraire, le rem.

3. Toutes les doses d'irradiation résultant d'expositions justifiées doivent être maintenues en-deçà des limites de doses recommandées et à un niveau aussi bas que possible compte tenu des considérations sociales et économiques.

LIMITES DE DOSE

Les limites de dose indiquées par la CIPR sont exprimées en équivalent de dose dont l'unité est le rem. Ces limites de dose s'appliquent aux personnes, à l'exception des effets génétiques pour lesquels la limite de dose s'applique à l'ensemble de la population. Elles s'appliquent aux cas où la source d'irradiation est susceptible d'être réglée. Elles sont calculées de façon que les personnes ou les populations courent peu de risques de recevoir de l'ensemble des sources d'irradiation (autres que l'environnement naturel et les doses résultant d'applications médicales) une dose supérieure à la dose spécifiée. Il est raisonnable d'exclure des sources d'irradiation le rayonnement naturel et les doses résultant d'applications médicales car si l'on admet qu'il existe une relation linéaire entre le risque et la dose accumulée il faut aussi admettre que toute augmentation de dose comporte un risque indépendant des doses précédentes.

On s'assure que l'exposition du public ne dépasse pas les limites recommandées par la CIPR, non pas en surveillant tous les individus mais en procédant à une évaluation fondée sur l'analyse d'échantillons de l'environnement et en vérifiant les hypothèses faites sur le rapport entre les rejets et les doses dans le modèle d'exposition. Les doses qui sont réellement reçues par les personnes dépendent de plusieurs facteurs et il est difficile de savoir dans quelles limites peut varier la dose maximale reçue par une personne. Dans la pratique, on peut faire en sorte que ces variations n'entraînent pas une sous-estimation du risque en choisissant, au sein de la population, des groupes particulièrement exposés. Ces groupes doivent être représentatifs des individus qui, dans la population, sont exposés aux doses les plus élevées et la CIPR estime raisonnable d'appliquer les limites de dose correspondantes à la dose moyenne reçue par ce groupe.

La CIPR a recommandé non seulement des limites de doses aux individus mais également le maintien à un niveau bas de la dose génétique à l'ensemble des populations et elle a suggéré que la dose n'approche pas 5 rems en une génération (soit 30 ans) en plus de la dose provenant des sources d'irradiation naturelles et de l'exposition à des fins thérapeutiques.

DOSES ET DOMMAGES COLLECTIFS

Il faut, pour établir certaines mesures de radioprotection, évaluer les doses collectives à un organe donné ou au corps tout entier. La dose collective à une population composée d'un nombre N d'individus est définie comme $S = \bar{H}.N$, où \bar{H} est la moyenne de l'équivalent de dose à un organe par individu reçu par les individus de la population considérée. L'unité de dose collective est le produit d'une unité de dose (rad ou rem) par une unité d'individus (homme) – ce qui donne le rad-homme ou le rem-homme.

Le dommage à une population, tel qu'il est défini par la CIPR, est celui qui risque d'être causé par une source d'irradiation; il est évalué en tenant compte non seulement de la probabilité de chaque type d'effets nocifs probables mais aussi de leur gravité.

Dans une analyse décisionnelle, l'avantage net B attendu d'une opération peut être exprimé à l'aide de l'équation suivante:

$$B = V - (P + X + Y)$$

où V est la valeur ajoutée retirée de l'opération,

P — le coût de production

X — le coût de protection

Y — le coût du dommage.

L'opération peut être justifiée si B est nettement positif.

OPTIMISATION DE LA RADIOPROTECTION

Pour déterminer si un niveau déterminé de radioprotection est aussi élevé qu'il est raisonnablement possible, il faut examiner les avantages que la société retirerait de réductions supplémentaires des dommages dus aux rayonnements et les dépenses supplémentaires qu'elle devrait consentir pour réaliser ces réductions. Le niveau optimal de protection est atteint lorsque les dépenses supplémentaires qui permettent de réduire davantage la dose collective dépassent le coût des dommages que la société subit du fait de cette dose. Ce niveau est atteint lorsque le coût de la protection ajouté au coût du dommage est le plus faible possible.

MODELES ECOLOGIQUES

On peut décrire au moyen de modèles écologiques le déplacement de la radioactivité depuis la source d'irradiation jusqu'aux personnes qui constituent la population. Ces modèles sont plus au moins compliqués, ce sont souvent des modèles à compartiments dans lesquels les taux de transfert de la radioactivité d'un compartiment à un autre sont définis par des constantes ou par des fonctions du temps. Cet emploi de modèles analogue à celui que l'on utilise dans de nombreux bureaux d'études techniques est appelé «analyse des systèmes». Les modèles à compartiments, même les plus complexes, permettent normalement de simplifier considérablement les processus réels de transfert. Cette simplification est sans inconvénients si les fonctions qui définissent les taux de transfert sont bien choisies.

L'analyse des systèmes permet de prévoir les niveaux de rayonnement dans l'environnement et, si l'on possède des informations suffisantes sur les caractéristiques de la population, de déterminer les débits de dose applicables aux membres de cette population en fonction du temps selon que les rejets de matières radioactives sont uniques, prolongés ou continus.

LIMITES DERIVEES

L'emploi de limites dérivées permet de remplir la condition fondamentale selon laquelle les limites de doses individuelles ne doivent pas être dépassées (c'est-à-dire, selon laquelle la dose moyenne au groupe le plus exposé ne dépasse pas les limites de doses). La limite dérivée de rejet dans l'environnement est définie par le rejet annuel de radioactivité d'une composition spécifiée qui entraîne une dose engagée au groupe le plus exposé égale à la limite recommandée de dose annuelle.

Les limites dérivées de contamination de l'environnement sont définies de même par la contamination moyenne annuelle qui, dans des conditions constantes, donne une dose moyenne annuelle au groupe le plus exposé égale à la dose annuelle limite recommandée.

En pratique, les limites de rejet sont habituellement fixées à des niveaux qui ne correspondent qu'à une faible partie de la dose limite dérivée correspondante de contamination de l'environnement. Les limites de rejet réelles doivent être calculées de façon à satisfaire aux conditions suivantes:

1. Elles ne doivent pas dépasser les limites de dose fixées pour les individus pris isolément (pour le groupe le plus exposé). Il faut donc que le rejet annuel ne dépasse pas les limites dérivées de rejet.

2. Les doses doivent rester aussi faibles que possible. Ceci implique une optimisation de la protection et le rejet annuel qui correspond à cette condition peut être calculé par une analyse différentielle du rapport coût-avantage. Une condition nécessaire est que le rejet ne dépasse pas la limite dérivée; habituellement, il est très en dessous, la dose au groupe le plus exposé est donc inférieure à la dose limite.

3. Lors du calcul des doses collectives optimisées et des limites de rejet correspondantes, il faut tenir compte des installations futures et se conformer à deux conditions: a) dans une partie de l'environnement, la totalité des rejets annuels optimisés émanant d'une source d'irradiation donnée doit être inférieure à la limite dérivée de rejet annuel puisqu'il faut tenir compte des autres sources, b) la dose moyenne résultant d'une application des rayonnements doit être maîtrisée.

Les méthodes décrites ci-dessus sont conçues pour protéger l'être humain des dangers de la radioactivité, mais on peut appliquer des techniques analogues aux polluants non radioactifs afin de réduire les dommages que ceux-ci peuvent causer.