

ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES D'IRRADIATION DES TRAVAILLEURS DU C.E.A.

P.G. BEAU, J. BRENOT, J. RADET
Commissariat à l'Energie Atomique, IPSN-DPS
France

INTRODUCTION

Le système de surveillance individuelle des travailleurs du CEA exposés à une irradiation externe est basé sur des dosimètres photographiques qui sont portés un mois. Chaque travailleur possède donc douze relevés dosimétriques mensuels par an. Le premier objectif de la surveillance est de veiller à ce que la dose reçue reste, chaque mois, inférieure à la valeur autorisée ; le second est de pouvoir évaluer la dose individuelle dans le cadre de la vie professionnelle ; le dernier est de suivre dans le temps l'exposition de groupes de travailleurs, information indispensable à une bonne gestion du système de Radioprotection. Les trois notions, dose mensuelle, dose annuelle et dose sur la vie professionnelle ou dose-vie, sont nécessaires pour ces objectifs. Cette étude se limite aux problèmes posés par les doses annuelles et les doses-vie.

LE FICHIER DES DOSES INDIVIDUELLES ANNUELLES

La donnée de base est constituée par la dose individuelle annuelle, cumul des relevés dosimétriques mensuels. Dans ce cumul, tout relevé mensuel inférieur au seuil de sensibilité du dosimètre est mis à zéro. Cette pratique est totalement justifiée pour les très nombreux travailleurs qui doivent être surveillés mais ne sont jamais exposés. Pour les autres, il a été montré que la sous-estimation résultant des doses mensuelles considérées comme nulles pouvait être évaluée au moyen de divers procédés présentés dans [1, 2, 3]. Pour une activité et une année données, la distribution des doses individuelles annuelles fournit aux gestionnaires d'installations le profil dosimétrique de l'activité. Classiquement l'état de la protection s'apprécie chaque année au moyen des deux indicateurs usuels que sont la dose individuelle moyenne et la dose collective. Suivis sur plusieurs années consécutives, ils permettent de saisir l'évolution de l'exposition au sein de l'activité. Quand il est nécessaire d'aller plus loin, la démarche usuelle est la modélisation de la distribution des doses annuelles. L'UNSCEAR [4] a proposé le modèle log-normal, controversé car trop souvent inadéquat et remis en question par certains auteurs [5] ; la variété des situations est telle, qu'a priori de nombreux modèles sont possibles et que toute tentative de modèle unique est vouée à l'échec.

DOSE-VIE

Pour le travailleur que l'on surveille il ne s'agit là que du cumul de ses doses annuelles durant sa vie professionnelle. Pour le responsable de radioprotection, par contre, la dose-vie du travailleur exerçant son activité au sein d'un groupe donné et dans un certain contexte pose un problème d'estimation. Pour une vie de travail qui se déroulerait au sein du même groupe, c'est-à-dire sur une certaine période de temps, la pratique usuelle consiste à sommer les moyennes des doses individuelles annuelles relatives à la période considérée. Cette pratique est parfaitement justifiée si le groupe de travailleurs est homogène quant aux postes de travail et quant à l'âge des individus le composant. Les phénomènes de spécialisation dans un poste, de vieillissement des individus, de glissement d'un poste à d'autres seront mieux perçus si l'on suit durant la période considérée une cohorte de travailleurs. C'est à partir d'un fichier où chaque individu apporte son histoire dosimétrique qu'il est possible de saisir de tels phénomènes.

Dans une étude sur des mineurs d'uranium, il a été montré [6] que la spécia-

lisation dans le poste est un facteur dont il faut tenir compte : la forte liaison existant entre les doses successives et ce généralement pour chaque mineur rend délicat tout amalgame des doses au sein d'un groupe considéré pourtant comme relativement homogène. Le comportement d'une cohorte et celui du groupe dont elle est issue est étudié dans les trois autres exemples suivants :

1. RP : Réacteur de puissance à eau lourde ; postes autres que les Services Généraux ; période 1971-1981 ; cohorte de 78 travailleurs ;
2. EC : Fabrication d'éléments combustibles au Plutonium ; période 1971-1978 ; cohorte de 72 travailleurs ;
3. TU : Fabrication de sources de transuraniens à usage industriel ; période 1974-1981 ; cohorte de 25 travailleurs.

Le tableau ci-dessous récapitule les doses annuelles par individu $\bar{D}$ (en mSv) dans chacun des groupes et dans la cohorte qui lui est associée en fonction de l'année calendaire.

Année	RP			EC			TU		
	Effectif total	$\bar{D}$	$\bar{D}$ coh.	Effectif total	$\bar{D}$	$\bar{D}$ coh.	Effectif total	$\bar{D}$	$\bar{D}$ coh.
1971	269	.4	.9	157	2.6	3.3			
1972	164	2.2	3.	128	4.1	5.			
1973	169	2.6	3.2	110	2.6	3			
1974	138	2.2	3.2	110	3.6	4.2	51	15.6	18.6
1975	129	2.3	3.	126	2.9	3.7	51	13.4	16.5
1976	132	2.7	3.	114	2.3	2.6	53	13.4	16.6
1977	156	4.9	4.7	111	2.	2.	54	15.8	16.8
1978	109	4.3	4.9	162	1.7	2.	58	12.	13.9
1979	153	2.5	3.1				64	8.	9.9
1980	201	3.8	4.2				63	6.8	7.8
1981	216	5.	5.5				63	7.7	9.

Chaque année, la dose individuelle moyenne dans la cohorte présente toujours un léger excès par rapport à celle du groupe pris dans son ensemble. Est-il possible d'étendre ce constat à tout groupe ? Non, car il existe des situations où les permanents sont en moyenne moins exposés que l'individu moyen du groupe et d'autres situations où la moyenne de la dose annuelle est la même que l'on soit dans la cohorte ou dans le groupe.

Il est aussi nécessaire d'étudier la distribution des doses individuelles au cours de la période observée. Au sein de la cohorte, il est classique de le faire au moyen des distributions annuelles des doses. Une autre information vient du calcul des coefficients de corrélation linéaire entre les doses reçues au cours d'une année et celles reçues au cours des années ultérieures. Enfin, il est utile de voir quelle est la distribution des doses individuelles reçues en moyenne par an sur la période, cette dernière notion n'étant pour chaque individu que la moyenne sur cette période de ses doses annuelles, soit encore à un facteur près le cumul de ses doses.

Le tableau suivant donne les estimations des coefficients de corrélation linéaire entre la dose D_i reçue pendant l'année i et la dose D_{i+1} reçue pendant l'année $i+1$, puis entre D_i et D_{i+2} etc... Ces liaisons temporelles sont donc relatives au nombre d'années d'écart entre les diverses doses.

Ecart (ans)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cohorte RP	.77	.71	.70	.71	.72	.65	.68	.73	.69	.61
Cohorte EC	.75	.61	.46	.30	.23	.19	.13			
Cohorte TU	.73	.64	.62	.55	.58	.55	.46			

Une forte corrélation statistique apparaît entre les doses annuelles successives de chaque travailleur, liaison qui s'explique essentiellement par la spécialisation dans le travail. Ceci signifie que les cohortes étudiées et donc les groupes dont elles sont issues, présentent des tâches diversifiées au sein d'une même activité. On trouve dans [7] des calculs du même type appliqués à d'autres cohortes. Ces liaisons ont pour conséquence immédiate que la distribution des doses individuelles reçues en moyenne par an ne peut pas être correctement modélisée avec la démarche suivante :

- d'abord, calculer la moyenne et l'écart type de toutes les doses annuelles de la période ;
- puis retenir le modèle gaussien dont les paramètres sont la moyenne calculée et l'écart type divisé par la racine du nombre d'années observées.

Cette démarche suppose implicitement que les doses sont chaque année distribuées aléatoirement au sein du groupe de travailleurs, ce qui est rarement le cas.

CONCLUSION

Pour un groupe de travailleurs, les deux indicateurs statistiques que sont la moyenne des doses individuelles annuelles et la dose collective sont insuffisants pour traduire la situation dosimétrique. La distribution des doses annuelles fournit bien toute l'information mais il n'existe pas un modèle probabiliste suffisamment large pour permettre une comparaison aisée entre les distributions d'une année sur l'autre ou de groupe à groupe. En ce qui concerne la dose-vie, son estimation par une simple valeur moyenne n'est pas satisfaisante en regard de la diversité des situations rencontrées.

REFERENCES

- [1] JAMMET H., MECHALI D., NENOT J.C., BRENOT J.
Distribution des doses individuelles et interprétation statistique.
Colloque international sur l'application du système de limitation des doses, AIEA-SM-258, Madrid, 1981.
- [2] DARBY S.C., KENDALL G.M., GREENSLADE E.
Patterns of dose incurred by workers on the NRPB dose record keeping service, JRSP, vol. 2, n° 4, 1982.
- [3] GILBERT R.O., KINNISON R.R.
Statistical methods for estimating the mean and variance from radionuclide data sets containing negative unreported or less-than values
Health Physics, vol. 40, pp. 377-390, 1981.
- [4] UNSCEAR
Sources and effects of ionizing radiation
United Nations, New-York, 1977.
- [5] KENDALL G.M., DARBY S.C., GREENSLADE E.
Patterns of dose incurred by workers on the NRPB dose record keeping service. Annual doses. JRSP, vol. 2, n° 3, 1982.

- [6] BRENOT J., PIECHOWSKI J., TIRMARCHE M.
Statistical analysis of results on miners' exposure
Congress "Radiation hazards in mining", Golden, Colorado, 1981.
- [7] ILARI O., JOHNSTON P.
Study on the distribution of individual doses to workers
Internal Report.