

Evaluer les doses liées à l'irradiation externe

S6

Objectifs et limites de l'évaluation

Après le passage de masses d'air contaminé suite à une catastrophe nucléaire, et à l'issue des retombées¹, des substances radioactives sont présentes sur les sols et surfaces. En se désintégrant, ces substances émettent des radiations pénétrantes qui entraînent une **irradiation (exposition) externe** des personnes qui vivent sur des terrains contaminés (voir fiches *G1, G2 et G3* pour les notions de base).

La présente fiche donne des éléments permettant à chacun d'effectuer l'évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe et leur suivi au moyen de dosimètres.

Attention :

- Certains des éléments présentés ne sont valables que pour des retombées suite à une catastrophe sur un **réacteur nucléaire** ;
- L'évaluation prospective des doses ne s'applique pas à la phase de retombées, ni à la période de quelques semaines, voire quelques mois, où sont encore présents les radionucléides à période courte². Elle s'applique uniquement à une période qui commence environ **3 mois après les retombées**, lorsque l'essentiel de l'irradiation externe provient du **césium 134 et du césium 137**.

Si l'on calcule une dose journalière sur la base de mesures effectuées à une période plus précoce (durant laquelle la contribution des radionucléides à période courte reste significative) et que l'on applique cette valeur à chaque jour suivant (sans tenir compte de la décroissance

Résidence dans une zone contaminée suite à des retombées radioactives : comment effectuer une évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe et en effectuer un suivi?

radioactive), on peut en effet surestimer très fortement la dose annuelle réelle.

La présente fiche s'adresse en particulier aux personnes concernées par le cas d'un terrain contaminé par des retombées radioactives, mais à un niveau inférieur à celui à partir duquel les autorités exigent le relogement. Ces personnes sont « invitées » par les autorités à venir se réinstaller sur leur propriété. Elles souhaitent se faire une idée des risques liés à l'irradiation externe, soit en utilisant les cartes officielles de retombées soit en réalisant leurs propres mesures.

NB : la fiche S3 liste un certain nombre de situations où, au niveau d'un terrain bâti ou non bâti, existent des zones d'accumulation des substances radioactives qui conduisent à des risques d'exposition aux radiations accrues.

Intérêt d'une évaluation prospective des doses liées à l'irradiation externe

Lorsque l'on vit sur un terrain contaminé, plusieurs mois après les retombées liées à une catastrophe sur un réacteur nucléaire, la dose cumulée liée à l'irradiation externe est en général nettement supérieure à la dose liée à la contamination interne par ingestion ou par inhalation.

Si les citoyens ont les moyens financiers pour acheter des aliments sains et à des prix abordables, ou réaliser des contrôles sur les aliments afin de mettre de côté les plus contaminés, ils peuvent en effet diminuer la dose liée à l'ingestion.

En revanche, vivre dans les territoires contaminés, c'est être soumis en permanence aux radiations émises par les

¹La Fiche S1 présente les mécanismes de retombées.

²La fiche S5 apporte des éléments complémentaires sur les mécanismes d'évolution du niveau de radioactivité au cours du temps.

substances radioactives invisibles qui se sont déposées sur toutes les surfaces exposées à l'air contaminé : toitures, sol, végétation. Ces phénomènes sont illustrés dans le film « Invisibles Retombées³ » produit par la CRIIRAD.

Pour prendre une décision éclairée (si tant est que l'on ait le choix) sur la question de rester sur un territoire contaminé, il est donc utile de faire une estimation prospective des doses que l'on va cumuler. Dans la suite de ce chapitre le terme dose se rapportera systématiquement à la dose liée à l'**irradiation externe**.

Utilisation des mesures du niveau de retombées en Bq/m²

S'il n'est pas possible de réaliser directement des mesures précises sur un terrain, on peut effectuer une estimation des **débits de dose moyens ambiants**, à partir des données globales sur les niveaux de retombées. Dans ce cas, se reporter à la fiche S2 qui explique :

- Comment convertir les niveaux de retombées de césium 134 et 137 (**Bq/m²**) en débit de dose ($\mu\text{Sv/h}$) ;
- Comment corriger les valeurs pour tenir compte de la **désintégration** des éléments radioactifs au cours du temps ;
- Et qui donne quelques exemples de différences de niveau de radiation entre l'**extérieur** et l'**intérieur** d'un bâtiment.

Utilisation des mesures de débit de dose ambiant

Lorsqu'on en a la possibilité, il est pertinent d'effectuer des mesures de **débit de dose ambiant**, telles qu'évoquées dans la fiche S4, pour estimer soi-même la dose que l'on va subir dans le futur. Même si l'on ne dispose pas d'un radiamètre, il est utile de maîtriser un certain nombre de notions, pour au moins vérifier les ordres de grandeur des calculs effectués par les autorités.

Pour calculer la **dose cumulée**, il faut d'abord clarifier **sur quelle durée on souhaite l'évaluer**.

Puis, sur cette période de temps, il faut construire un scénario d'exposition, c'est-à-dire identifier les différentes catégories de lieux où l'on va passer du temps.

Pour chaque lieu, on multipliera le **débit de dose horaire** par le **nombre d'heures passées**.

Exemple de calcul d'une dose journalière

Une journée fait 24 heures. Il s'agit donc de découper la journée en tranches de temps en fonction des lieux où l'on se trouve.

Un exemple⁴ est donné dans le tableau 1 ci-dessous. Bien entendu, pour un même terrain et une même habitation, chaque membre de la famille n'aura pas les mêmes occupations dans une journée type.

Lieu	dd = Débit de dose mesuré ($\mu\text{Sv/h}$)	t= Temps passé par jour (heures)	D=Dose cumulée sur la journée ($\mu\text{Sv/jour}$) = dd*t
Extérieur, pelouse	2	2	4,0
Extérieur, jardin	1,6	1	1,6
Extérieur, lisière forêt	3	1	3,0
Extérieur, véranda (proche rivière)	2,6	2	5,2
Intérieur, rez de chaussée, proche fenêtres	0,84	4	3,4
Intérieur, rez de chaussée, centre pièce	0,38	4	1,5
Intérieur, 1 ^{er} étage chambre, proche fenêtre	0,64	2	1,3
Intérieur, 1 ^{er} étage chambre, centre pièce	0,3	8	2,4
Total		24	22,4

Tableau 1 : exemple d'évaluation de dose journalière

L'exemple ci-dessus concerne le cas d'une personne qui reste sur « son terrain » dans la journée.

Passer de la dose journalière à la dose annuelle : effet de la décroissance

Si cette personne a un mode de vie relativement sédentaire, une estimation grossière de la dose annuelle peut être effectuée en multipliant simplement la dose journalière typique (ici 22,4 μSv -microSieverts), par le nombre de jours soit 365,25. Dans l'exemple ci-dessus, la dose cumulée sur douze mois peut être estimée à 8 167 microSieverts (8,1 milliSieverts).

En réalité, ce type d'estimation ne tient pas compte de la **décroissance de l'activité du césium 134** sur une année. Ce point est détaillé dans la fiche S2. Un calcul y est fait, dans le cas particulier des retombées de Fukushima. La dose évaluée sur 12 mois, en prenant les débits de dose mesurés le 1 septembre 2011 sans tenir compte de la désintégration progressive du césium 134 et du césium 137 n'est **surestimée que d'environ 10 %** par rapport à un calcul plus précis qui tient compte de la décroissance. Autrement dit, à l'échelle d'une année, il n'est pas indispensable de tenir compte de la

³https://www.youtube.com/watch?v=UaH5HeMIC_k

⁴Basé sur des mesures effectuées par la CRIIRAD dans la préfecture de Fukushima en 2011.

décroissance physique des substances radioactives pour faire une évaluation de la dose cumulée (attention ceci n'est vrai qu'à partir du moment où les radionucléides à période très courte se sont déjà désintégrés, voir fiche S5).

Passer de la dose journalière à la dose annuelle : tenir compte du mode de vie

Il est important en revanche de tenir compte du fait que l'on ne passe pas tout son temps au même endroit.

Si une personne passe un temps significatif à l'extérieur de son lieu de vie principal, il faut tenir compte, pour le calcul de la dose journalière, des débits de dose horaires et des temps passés ailleurs : **sur le lieu de travail, à l'école**, etc. Mais le principe de calcul est le même.

Pour les lieux de travail, école et autres cas, il est indispensable d'obtenir des autorités des évaluations précises des niveaux de contamination. S'il n'est pas possible d'y réaliser ses propres mesures de débit de dose, on peut néanmoins faire des estimations à partir de cartes donnant les retombées globales en Bq/m² à l'échelle communale (voir fiche S2).

La dose annuelle sera ensuite calculée en ajoutant les doses journalières. Elles peuvent être utilisées pour calculer des doses hebdomadaires, par exemple :

- Une dose hebdomadaire typique D1 correspondant à une séquence de 5 jours ouvrables plus 2 jours de week-end ou 5 jours d'école plus deux jours de week-end ;
- Puis une dose hebdomadaire typique D2 correspondant à une période de vacances.

Si la situation 1 est représentative de 47 semaines dans l'année et la situation 2 de 5 semaines, la dose annuelle estimée sera égale à 47 fois D1 plus 5 fois D2.

Suivi des doses liées à l'irradiation externe

Si on reste sur un territoire contaminé, il est utile de suivre l'évolution des doses et leur cumul au cours du temps. Plusieurs méthodes sont disponibles.

Mesures de débit de dose ambiant

Le suivi peut être effectué en renouvelant par exemple régulièrement les opérations de cartographie des niveaux de débit de dose ambiant décrites dans la fiche S4, afin d'actualiser le calcul de dose décrit ci-dessus.

Cela permet de tenir compte des éventuelles variations du niveau de radiation dans le temps et dans l'espace.

L'intérêt est de pouvoir mettre en évidence des évolutions positives (baisse des niveaux de radiation, suite, par exemple, à des actions de décontamination) ou, au contraire, de prendre conscience d'une détérioration de la situation, nécessitant une action simple pour réduire les risques.

Par exemple, on découvre que le niveau de radiation dans un angle du terrain a augmenté. C'est lié au fait que des sacs de terre contaminée ont été déposés en limite de propriété. On peut demander alors au voisin de les entreposer à plus grande distance (en théorie un éloignement de 2 mètres pourrait diviser le taux de radiation par 4), etc.

Utilisation de dosimètres intégrateurs

Une autre manière de suivre le cumul des doses est d'utiliser des dosimètres intégrateurs. Ce sont des appareils qui enregistrent en permanence la dose à l'endroit où ils se trouvent et fournissent une valeur de **dose cumulée** sur un temps donné. Elle est le plus souvent exprimée en microSieverts ou en milliSieverts.

On distingue les dosimètres passifs et les dosimètres électroniques.

Les dosimètres passifs

Les dosimètres passifs doivent être envoyés à un laboratoire spécialisé pour être **développés** à l'issue de la période d'exposition. Ils sont le plus souvent portés pendant un mois ou un trimestre, mais la période de port peut être de quelques jours ou atteindre une année.



Exemple de dosimètre passif avec système d'attache

Le seuil d'enregistrement typique des dosimètres passifs de type RPL (radiophotoluminescent) utilisés par exemple, en France, par l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire) est de **50 microSieverts** (0,05 milliSieverts).

Cela signifie que si ce type de dosimètre est renouvelé chaque **mois**, au bout d'une année (12 mois), on pourra

savoir si l'exposition annuelle⁵ dépasse $50 \times 12 = 600$ microSieverts.

Si le dosimètre passif est renouvelé tous les trimestres, on pourra savoir si l'exposition annuelle dépasse $50 \times 4 = 200$ microSieverts.

Le port d'un même dosimètre pendant un temps long permet d'enregistrer des niveaux d'exposition plus faibles et limite les coûts, mais d'un autre côté on ne disposera de résultats de mesures qu'au bout d'un temps long, ce qui peut poser problème en cas de doses élevées qui auraient nécessité une plus grande réactivité.

Par ailleurs, si on perd le dosimètre, on ne disposera d'aucun résultat pendant une période longue.

Le **choix final de la période de port** du dosimètre dépend de toutes ces contraintes.

Les dosimètres électroniques

Les dosimètres électroniques affichent en général en permanence la valeur de la dose accumulée depuis la dernière mise en route ou la dernière remise à zéro. Certains modèles ont un seuil d'enregistrement **inférieur à 1 microSievert**.



Exemple de port d'un dosimètre électronique à la poitrine
(Japon, CRIIRAD, 2011)

Certains affichent, en plus de la dose cumulée, des valeurs de débit de dose horaire⁶.

⁵Il s'agit ici de l'exposition externe totale qui est la somme de l'exposition naturelle dont le niveau n'a pas été modifié par la catastrophe nucléaire et de l'exposition « ajoutée » par la contamination « artificielle » de l'environnement.

Les dosimètres électroniques sont plus onéreux à l'achat que les dosimètres passifs, mais peuvent être utilisés pendant des années, alors que les dosimètres passifs doivent être renouvelés fréquemment pour être « développés ».

Les dosimètres électroniques sont un peu plus lourds que les dosimètres passifs (une centaine de grammes contre une dizaine).

Par rapport aux dosimètres passifs, ils présentent l'avantage pour l'utilisateur de pouvoir lire les résultats à sa convenance et en direct, ce qui offre une **grande réactivité**.

Si par exemple, à la fin de la journée, on constate que la dose sur 24 heures est deux fois plus élevée que d'habitude, on peut peut-être découvrir (en passant en revue ses activités), une situation à risque dont on n'avait pas conscience et modifier son mode de vie en conséquence ou engager des actions de décontamination ciblée.

Par exemple : la dose journalière est anormalement élevée et la seule chose nouvelle ce jour-là est d'avoir passé 2 heures à boire le café chez un voisin dans son salon. La réalisation de mesures spécifiques révèle que ce salon est situé sous la pièce qui abrite la centrale de traitement de l'air de l'immeuble. Les filtres ont accumulé une grande quantité de poussières radioactives et n'ont pas été changés. Les rayonnements gamma qu'ils émettent traversent le plafond et sont à l'origine d'un débit de dose élevé dans le salon.

Il est donc utile de noter les résultats, à la fin de chaque journée, en vérifiant si la valeur correspond au niveau « attendu ».

Il faut être méticuleux et bien penser à noter les dates et heures de mise en route, d'arrêt de la mesure et de **remise à zéro de l'appareil**.

Port des dosimètres

Lorsqu'il s'agit d'avoir une bonne estimation de l'exposition globale de l'organisme (dose au « corps entier »), la pratique la plus répandue est de porter les dosimètres **à la poitrine**, mais pour un usage permanent un port **à la ceinture** est parfois plus simple. Il rendra mieux compte de l'exposition des gonades qu'un port à la poitrine (pour les cas où la source principale de radiation est le sol contaminé).

⁶Mais sur ce point, ils sont en général moins sensibles qu'un radiamètre portatif.