

Adéquation de la dosimétrie au poste de travail : cas de la dosimétrie individuelle externe

A. RANNOU¹

(Manuscrit reçu le 29 avril 2005, accepté le 28 octobre 2005)

RÉSUMÉ La surveillance dosimétrique des travailleurs exposés au risque d'exposition externe répond à des exigences à la fois techniques, réglementaires et organisationnelles. Maillon essentiel du dispositif de radioprotection, cette surveillance individuelle doit être adaptée au poste de travail. Le choix des techniques à mettre en œuvre repose sur l'étude du poste de travail dont les résultats conditionnent à la fois le classement des travailleurs et le zonage radiologique des locaux. Des solutions satisfaisantes existent dans la grande majorité des cas. Des solutions rationnelles restent en revanche à trouver dans quelques situations spécifiques.

ABSTRACT Adequacy of individual monitoring of external exposure at the workplace. Individual monitoring of workers exposed to external radiations must fulfil technical, regulatory and organizational requirements. The external dosimetry should be adapted to the workplace. The relevant dosimetric techniques have to be chosen upon the workplace study that conditions both the categorization of exposed workers and classification of areas. Solutions exist which are satisfactory for the most situations. However, rational solutions still have to be found for a few specific situations.

Key words: individual monitoring / dosimetry / regulation / workplace

Introduction

Les activités utilisant des rayonnements ionisants (RI) se sont diversifiées et développées au cours des années dans tous les secteurs (nucléaire, industrie, médical, recherche, défense). Dans le même temps, les moyens d'assurer la surveillance dosimétrique des travailleurs exposés ont bénéficié de progrès technologiques. La dosimétrie électronique a notamment connu un essor et des techniques de dosimétrie passive concurrentes du film photographique sont arrivées sur le marché. Parallèlement à ces évolutions, des réformes importantes du dispositif réglementaire visant à assurer la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants ont été introduites : le renforcement du principe d'optimisation et l'abaissement des limites de dose, la légalisation du

¹ IRSN, Service d'études et d'expertise en radioprotection, BP 17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France.

statut de la dosimétrie opérationnelle, la centralisation des données individuelles dans le système SISERI et, ce n'est pas la moindre des réformes, l'uniformisation de la réglementation dans tous les secteurs d'activité.

Toutes ces nouveautés ont conduit à de nouvelles règles ou contraintes pour la surveillance individuelle des travailleurs. L'objet de ce document est de rappeler quels sont les nouvelles règles et les objectifs auxquels obéit la dosimétrie individuelle, puis d'analyser l'ensemble des points dont on doit se préoccuper pour adapter la dosimétrie au poste de travail. Il n'est considéré ici que la seule problématique de la dosimétrie externe.

1. Les objectifs de la dosimétrie individuelle

La dosimétrie individuelle est l'un des maillons essentiels du dispositif de radioprotection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Elle a pour objectif de fournir une estimation des doses reçues au niveau de l'organisme entier ou des tissus significativement exposés et de mettre en œuvre le principe d'optimisation selon lequel les expositions doivent être maintenues au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. Elle permet de vérifier *in fine* le respect des limites de dose fixées par la réglementation.

La dosimétrie individuelle doit être adaptée au poste de travail en permettant l'évaluation « aussi correcte que raisonnablement possible » des doses reçues par la personne affectée à ce poste de travail, compte tenu des situations d'exposition et des contraintes existantes.

1.1. Optimisation des doses

L'optimisation repose sur une analyse prévisionnelle des doses associées aux différentes options possibles pour réaliser une opération ou un ensemble donné d'opérations. Les résultats de la surveillance dosimétrique effectuée en cours d'opération doivent être comparés aux objectifs de dose préalablement fixés. La connaissance fine des doses individuelles reçues lors d'opérations de courte durée n'est possible que grâce à des mesures actives à l'aide de dosimètres opérationnels. Contrairement aux dosimètres passifs qui sont intégrateurs sur des longues périodes, les dosimètres opérationnels permettent de comptabiliser facilement les doses reçues par opération ou par jour, voire par heure, ou même selon un pas d'intégration plus resserré si les niveaux d'exposition le nécessitent. Le dosimètre opérationnel a donc comme vocation d'optimiser les doses et non, comme c'est souvent le cas, d'afficher simplement la dose cumulée pour la comparer à la limite réglementaire.

1.2. Respect des limites

La surveillance dosimétrique individuelle apporte la « preuve » quantitative des doses reçues par le travailleur et permet à l'employeur de s'assurer ainsi du respect des limites réglementaires. S'agissant de l'exposition externe, la mesure de référence utilisée pour vérifier le respect des valeurs limites repose sur la dosimétrie passive (Art. 231-80 du décret 2003-296 : JO, 2003). Ce même article du décret « travailleurs » précise que lorsque les résultats de la dosimétrie passive et de la dosimétrie opérationnelle ne sont pas concordants, le médecin du travail détermine la dose reçue par le travailleur, en ayant recours, si nécessaire, à l'appui technique ou méthodologique de l'IRSN.

Au plan légal, le problème de la précision des mesures (et de la concordance des résultats) se pose avec une réelle acuité lorsque les doses mesurées sont significativement élevées et voisines des limites maximales admissibles. Le résultat fourni doit être aussi fiable que possible, notamment pour éviter tout risque éventuel de contentieux. Dans les quarante-huit heures après la constatation du dépassement de la limite réglementaire, la personne compétente en radioprotection (PCR) doit procéder ou faire procéder par l'IRSN à l'étude des circonstances dans lesquelles le dépassement s'est produit (Art. 231.97 : JO, 2003). À cet égard, différentes informations qualitatives susceptibles d'être fournies par le dosimètre peuvent s'avérer très utiles, telles que le fait de savoir si le dosimètre était fixe ou en mouvement au moment de l'irradiation, si l'irradiation était homogène ou non, le type et l'énergie du rayonnement, l'orientation de l'individu par rapport au champ de rayonnement, le débit de dose. Toutes ces informations ne sont généralement pas accessibles par un même type de dosimètres.

1.3. Mesure en cas d'accident

Le dosimètre individuel doit apporter toute information utile en cas d'exposition accidentelle. De façon encore plus évidente que pour le dépassement de la limite de dose, il est en effet utile en cas d'accident, de disposer d'un maximum de données pouvant contribuer à mieux en comprendre les circonstances. Lorsque des effets sur la santé sont possibles, l'information dosimétrique est très utile au médecin pour poser son diagnostic et établir un pronostic, voire pour le guider dans le traitement de la victime irradiée.

Bien entendu, l'idéal est de pouvoir détecter au plus vite une situation anormale et *a fortiori* de permettre au travailleur d'être alerté avant même que l'exposition subie ne soit dangereuse. Seuls les dosimètres électroniques dotés d'alarmes visuelle ou sonore sont capables de fournir cette alerte « en temps réel ».

2. L'identification des besoins

Le choix des techniques dosimétriques à mettre en œuvre aux postes de travail pour assurer une surveillance individuelle adaptée au risque d'exposition externe, conformément aux objectifs réglementaires décrits ci-dessus, doit résulter d'une analyse prenant en compte tout un ensemble de considérations techniques et pratiques (les aspects financiers ne seront pas abordés ici). Cette analyse repose principalement sur l'étude des postes de travail.

2.1. Étude de poste de travail

2.1.1. Caractérisation de l'ambiance radiologique

L'étude de poste commence par une caractérisation du champ de rayonnement dans lequel évolue le travailleur. S'agissant du risque d'exposition externe, il convient d'identifier la (les) source(s) présente(s) ou potentielle(s) dans l'environnement du poste de travail, d'en connaître la nature (activité, radionucléides, débit d'émission), le conditionnement, la distance par rapport au travailleur. Les caractéristiques du champ de rayonnement doivent être établies, à la fois dans le temps et dans l'espace, partout où le travailleur est susceptible de se trouver : direction du rayonnement incident, spectre énergétique, débit de dose, etc. Il est indispensable de disposer de ces données pour s'assurer que le dosimètre individuel présente en permanence toutes les caractéristiques requises pour évaluer correctement les doses reçues.

Les rayonnements incidents auxquels est exposé l'individu peuvent être classés en fonction de leur capacité à déposer de l'énergie en profondeur dans l'organisme :

- *les rayonnements faiblement pénétrants* : par nature, ils sont rapidement arrêtés et n'irradient que les tissus superficiels (peau, cristallin de l'œil) et les extrémités. Ce sont les électrons d'énergie inférieure à 500 keV ainsi que les photons X et gamma d'énergie inférieure à 15 keV ;
- *les rayonnements fortement pénétrants* : ce sont les rayonnements précédents mais de plus grandes énergies, susceptibles de déposer une dose importante en profondeur, ainsi que les neutrons.

Les personnes peuvent évoluer, au cours de leur travail, dans des champs de rayonnement très diversifiés selon les secteurs d'activité : cycle électronucléaire, industrie non nucléaire, recherche, médical, défense.

Dans les installations nucléaires (civiles et militaires), les rayonnements β et γ sont ceux dus aux produits de fission (^{134}Cs , ^{137}Cs , Ru-Rh, ...) et aux produits

d'activation (^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Fe , ...). Des rayonnements X et γ sont également émis par les transuraniens (Pu, U, Am, Cm). Les spectres varient fortement selon les lieux et les matériaux présents dans l'environnement des sources.

Dans le domaine médical, le risque d'exposition externe existe dans différents secteurs : en radiothérapie avec les accélérateurs linéaires produisant des photons et/ou des électrons jusqu'à 30 MeV et dans quelques applications en basse énergie avec des rayons X de 50 à 250 keV), en curiethérapie (γ de 296 à 468 keV pour ^{192}Ir ; γ de 662 keV pour le ^{137}Cs) et de façon de plus en plus rare en cobaltothérapie (γ d'énergie moyenne de 1,25 MeV). Le secteur de la radiologie utilise des rayons X jusqu'à 25-30 keV en mammographie, jusqu'à 30-50 keV en dentaire, jusqu'à 140-150 keV pour les examens conventionnels et la scanographie. Enfin la médecine nucléaire et les laboratoires utilisent des sources non scellées : $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (rayonnements γ de 140 keV), ^{18}F (γ de 511 keV), ^{201}Tl (γ de 71 à 167 keV), ^{32}P (rayonnements β d'énergie moyenne 695 keV), etc. Bien entendu, les spectres rencontrés peuvent comporter les rayonnements directs mais aussi une composante plus ou moins importante de rayonnements diffusés de plus faible énergie, ou des rayonnements secondaires (rayonnements de freinage).

Les neutrons sont présents dans les installations de l'industrie nucléaire (énergies de 0,025 eV à environ 15 MeV), mais aussi auprès d'accélérateurs de particules en radiothérapie, dans les laboratoires de recherche et dans l'industrie. Là encore les spectres sont extrêmement variés selon les sources et les protections mises en œuvre.

Les niveaux d'exposition externe dus aux rayonnements fortement pénétrants varient en situation normale de travail entre environ 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ (bruit de fond naturel) et quelques dizaines de $\mu\text{Sv/h}$. Des débits d'équivalents de dose beaucoup plus élevés peuvent être rencontrés dans certaines ambiances ou situations particulières : bâtiments réacteurs par exemple (jusqu'à quelques dizaines de mSv/h). À noter qu'en champs mixtes (n, γ), le rapport n/ γ peut être extrêmement variable selon les lieux, et même au sein d'une même installation (variation d'un facteur 10 et plus parfois en moins d'un mètre). C'est la raison pour laquelle il est très difficile d'estimer, en pratique, les doses individuelles dues aux neutrons à partir de l'évaluation des doses γ .

2.1.2. Autres facteurs importants

La caractérisation radiologique du poste de travail doit être complétée par la recherche de différentes informations également utiles pour adapter au mieux la surveillance :

- caractéristiques des individus : sauf cas particulier (femmes enceintes notamment), la dosimétrie doit être adaptée au poste et non à l'individu.

Il convient toutefois de s'assurer que le travailleur ne présente pas de comportement spécifique pouvant conduire à des conditions d'exposition inhabituelles ;

- paramètres liés aux procédés ou au fonctionnement des équipements ;
- paramètres liés aux opérateurs (façon de travailler, port de tablier plombé, ...) ;
- environnement du poste de travail (sources multiples, matériaux diffusants, écrans, ...) ;
- interactions entre les opérateurs et cet environnement ;
- autres facteurs de risque de nature à aggraver les effets des RI ;
- contenu de la tâche et son organisation temporelle (durée globale du travail à ce poste, durée des tâches élémentaires) ;
- retour d'expérience (bilans dosimétriques, résultats d'études à des postes de travail comparables, ...).

In fine, l'étude du poste de travail doit permettre de caractériser le risque d'exposition de manière réaliste, en prenant toutefois des « marges de sécurité » pour garantir que le dispositif de surveillance mis en œuvre sera toujours optimal.

2.2. Classement des travailleurs

Le classement du travailleur découle en principe directement de l'étude du poste de travail. Rappelons qu'au sens de la réglementation, un travailleur exposé est un travailleur, salarié ou non, **susceptible d'être exposé** à un risque dû aux rayonnements ionisants résultant d'activités nucléaires soumises à un régime d'autorisation ou de déclaration en application du code de la santé publique ou survenant lors d'interventions réalisées en situation d'urgence radiologique ou résultant d'une exposition durable (Art. 231-73 du décret 2003-296 : JO, 2003). Doivent également être considérées les personnes travaillant dans les établissements concernés par la présence de radioéléments naturels, non utilisés pour leurs propriétés radioactives, dès lors que celle-ci entraîne une augmentation notable de l'exposition des travailleurs, par rapport au niveau naturel, de nature à porter atteinte à leur santé.

Les travailleurs susceptibles de recevoir, **dans les conditions habituelles de travail**, une dose annuelle supérieure à 6 mSv par an² ou une dose équivalente supérieure aux trois dixièmes des limites annuelles² fixées au II de l'article R.231-76 sont classés dans la catégorie A. Les travailleurs exposés ne relevant pas de la catégorie A sont classés en catégorie B.

² Doses interne + externe.

La définition de « travailleur exposé » sur la seule notion de « susceptible d'être exposé » peut donner lieu à une certaine difficulté d'interprétation. Une définition plus précise mais néanmoins toujours fondée sur cette notion est donnée dans l'annexe du décret 2003-296 (JO, 2003) : travailleurs, salariés ou non, soumis dans le cadre de leur activité professionnelle à une exposition à des rayonnements ionisants **susceptibles d'entraîner des doses supérieures à l'un quelconque des niveaux de doses égaux aux limites de dose fixées pour les personnes du public**. Ainsi, il peut sembler évident pour beaucoup qu'une personne recevant par exemple une dose efficace de 0,8 mSv par an n'est pas à considérer *stricto-sensu* comme un travailleur exposé. Dans une telle hypothèse, ce ne sont pas moins de 94 % des quelque 250 000 travailleurs « exposés » suivis chaque année en France qui devraient aujourd'hui être déclassés. On comprend l'enjeu de cette question.

Dans l'attente d'un texte de l'administration compétente qui devrait apporter une clarification sur ce point crucial de la réglementation, on pourra retenir que tout travailleur doit être considéré comme « travailleur exposé » s'il ne peut pas être démontré que, dans ses conditions normales de travail, il lui est impossible d'être exposé à des niveaux de dose supérieurs aux limites admises pour le public. Bien entendu, la notion de « conditions normales » reste discutable : on admettra que les conditions normales de travail couvrent les situations effectivement normales mais aussi des incidents plus ou moins prévisibles et plus ou moins fréquents, à l'exclusion de ceux que l'on peut qualifier d'absolument imprévisibles.

2.3. Zonage radiologique des locaux

Tout travailleur intervenant en zone contrôlée doit faire l'objet d'un suivi par dosimétrie opérationnelle (Art. 231-94 du décret 2003-296 : JO, 2003). Il convient par conséquent de délimiter la ou les zones contrôlées dans les installations, c'est-à-dire les locaux de travail où les personnels sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace dépassant 6 mSv par an ou bien une dose équivalente dépassant trois dixièmes de l'une des limites visées à l'article 231-76. La dose efficace étant la somme des doses externe et interne, certaines difficultés d'application de cette règle sont notoires : faut-il imposer le port d'un dosimètre opérationnel dans une zone contrôlée où le seul risque radiologique est celui d'une exposition interne (par exemple dans un laboratoire où l'on manipule du ^{32}P ou du ^{35}S , radionucléides émetteurs bêta pur) ? De la même façon, le port du dosimètre opérationnel par un médecin en radiologie interventionnelle a-t-il un sens dès lors que celui-ci est vêtu d'un tablier de plomb et que son seul risque d'exposition avéré est celui des extrémités présentes dans le champ de rayonnement ? Dans les deux cas, la réponse est évidemment non si l'on ne

s'attache qu'à l'aspect technique du problème. Une telle réponse constitue néanmoins une « entorse » à la réglementation en vigueur, et on peut espérer que l'arrêté « zonage » à paraître en application du décret 2003-296 apportera quelques aménagements au texte réglementaire.

2.4. Choix des dosimètres

2.4.1. Dosimètres passifs

À chacun des deux types de rayonnements définis plus haut correspond une grandeur opérationnelle propre (ICRU, 1988). L'équivalent de dose individuel $H_p(10)$ est défini pour la mesure des rayonnements fortement pénétrants. Lorsque le dosimètre est porté à la poitrine, le résultat de sa mesure est assimilé à la dose efficace. L'équivalent de dose individuel $H_p(0,07)$ est défini pour la mesure des rayonnements faiblement pénétrants, le risque étant alors l'exposition des tissus de l'épiderme. Le dosimètre doit être porté sur une partie du corps où la peau est potentiellement exposée, par exemple à la poitrine ou aux extrémités (doigts).

Les dosimètres individuels doivent être étalonnés dans des conditions conventionnelles (irradiations sur fantômes simplifiés), à la profondeur appropriée : 10 mm ou 0,07 mm.

Le dosimètre individuel « corps entier » est obligatoirement porté à la poitrine, ou en cas d'impossibilité à la ceinture et, le cas échéant, sous les équipements de protection individuels. Des dosimètres supplémentaires (tête, poignet, main, pied, doigt, abdomen, etc.) sont recommandés en cas d'exposition inhomogène (JO, 2004). On notera qu'à la différence de certains pays (Suisse, Belgique, États-Unis, ...), la réglementation française n'a pas prévu de dispositions particulières pour le suivi des personnels en radiologie médicale équipés d'un tablier plombé. Dans ce cas en effet, la mesure à l'aide du dosimètre passif porté sous le tablier sous-estime la dose efficace car elle ne permet pas de rendre compte des doses délivrées dans les régions de l'organisme situées hors de la protection de plomb. Une solution est de porter un deuxième dosimètre au niveau du cou ou de l'épaule, hors tablier, l'évaluation de la dose efficace étant améliorée en combinant les résultats des deux dosimètres selon une formule appropriée. À titre d'exemple, la publication 122 du comité américain NCRP recommande la formule suivante : $E = 0,5 H_W + 0,025 H_N$ où H_W et H_N sont les équivalents de dose mesurés sous le tablier et sur l'épaule non protégée respectivement (NCRP, 1995).

Le choix des dosimètres découle des conclusions de l'étude du poste de travail. Chaque travailleur appelé à intervenir en zone surveillée ou en zone contrôlée fait

l'objet d'un suivi dosimétrique assuré par des mesures individuelles de l'exposition externe, appelées dosimétrie passive (Art. 231-93 : JO, 2003).

Les mesures de l'exposition externe sont effectuées par l'IRSN (www.irsn.org) ou un organisme agréé. En l'occurrence, à ce jour, quatre organismes ont été agréés par arrêté du 30 décembre 2004 (JO, 2005) :

- le laboratoire de dosimétrie de COGEMA, établissement de La Hague³,
- le laboratoire de dosimétrie de COGEMA, établissement de Marcoule³,
- la société LCIE-Landauer³,
- la société COMET France⁴.

Ces organismes sont agréés pour les techniques et les méthodes mentionnées dans le certificat d'accréditation délivré préalablement à l'agrément et pour lesquelles l'IRSN a rendu un avis.

Toutes les informations utiles concernant les dosimètres proposés par les trois premiers organismes couverts par l'agrément pourront être trouvées dans les annexes techniques des attestations d'accréditation du COFRAC (www.cofrac.fr), et celles concernant le quatrième organisme en s'adressant à celui-ci (www.comet.fr).

À noter que deux techniques autres que le film photographique, jusqu'ici seul reconnu par la réglementation, sont maintenant agréées : le dosimètre OSL (luminescence par stimulation optique) et le dosimètre TLD (thermoluminescent). Ces deux techniques reposent sur le même principe de lecture du signal de luminescence produit par certains matériaux, dans le premier cas après stimulation par laser et dans le second cas après chauffage.

Les dosimètres doivent être choisis par l'utilisateur (en pratique la personne compétente en radioprotection) en s'assurant que l'organisme agréé est en capacité de mesurer les rayonnements ionisants révélés par l'analyse des postes de travail et que les dosimètres sont compatibles avec les conditions de travail envisagées (JO, 2004).

La périodicité du port des dosimètres passifs est fonction de la nature et de l'intensité de l'exposition. Conformément à la réglementation, elle ne peut pas être supérieure à un mois pour les travailleurs de la catégorie A et supérieure à trois mois pour les travailleurs de la catégorie B. En pratique, la durée optimale de port doit tenir compte de la limite de détection du dosimètre et du débit de dose moyen

³ Agrément valable pour une durée de trois ans, du 1^{er} au 31 décembre 2007.

⁴ Agrément valable pour une durée d'un an, du 1^{er} au 31 décembre 2005.

auquel le travailleur est susceptible d'être soumis. À noter que la plus petite dose non nulle enregistrée ne peut être supérieure à 0,10 mSv⁵ et le pas d'enregistrement supérieur à 0,05 mSv. À cet égard, l'avantage important des techniques de dosimétrie OSL et TLD est d'offrir une sensibilité nettement meilleure que le film photographique. Ainsi, alors qu'une surveillance mensuelle basée sur le film était impossible en cas d'expositions continues susceptibles de conduire à des doses annuelles de 1 mSv, elle devient tout à fait réalisable à l'aide de dosimètres OSL ou TLD.

2.4.2. Choix des dosimètres opérationnels

Rappelons que tout travailleur intervenant en zone contrôlée fait l'objet d'un suivi par dosimétrie opérationnelle individuelle de l'exposition externe (Art. 231-94). Elle est mise en œuvre par la PCR sous la responsabilité du chef d'établissement. Les dosimètres opérationnels doivent permettre de mesurer en temps réel les rayonnements ionisants révélés par l'analyse des postes de travail et, de même que les dosimètres passifs, être compatibles avec les conditions de travail envisagées.

Les caractéristiques à prendre en compte sont notamment celles indiquées dans l'annexe de l'arrêté du 30 décembre 2004 (JO, 2004) :

- les performances de mesure des différents types de RI (le seuil de mesure ne doit pas être supérieur à 0,01 mSv et le pas d'enregistrement supérieur à 0,001 mSv) ;
- les performances aux variations dues à l'environnement ;
- les éventuelles interférences et leur influence sur les résultats dosimétriques ;
- la taille, le poids et la résistance mécanique du dosimètre.

D'autres critères importants peuvent ajoutés à cette liste :

- l'autonomie ;
- l'informatique associée pour le recueil des données et leur transmission à SISERI conformément au protocole défini par l'IRSN ;
- les opérations de maintenance ;
- les coûts d'investissement et d'exploitation.

Le dosimètre opérationnel doit être muni de dispositifs d'alarme (visuels ou sonores) en débit de dose ou en dose cumulée et fournir un affichage en continu des doses reçues par le travailleur, ou à défaut à chaque sortie de la zone de travail (JO, 2004).

⁵ À titre transitoire, jusqu'au 30 décembre 2007, ce seuil est porté à 0,20 mSv.

De nombreux modèles de dosimètres opérationnels pour les photons et les bêtas sont aujourd'hui disponibles. Un panorama très complet sur l'état de l'art de la dosimétrie opérationnelle au niveau européen a été dressé récemment au sein du groupe de travail EURADOS (Bolognese-Milsztajn *et al.*, 2004). Un catalogue de 26 dosimètres produits par 16 fabricants a ainsi été établi.

Les dosimètres photons ou photons - bêta peuvent être regroupés en 3 classes :

- les dosimètres photons basés sur un compteur Geiger Müller ;
- les dosimètres photons ou photons-bêta basés sur une ou plusieurs diodes silicium ;
- les dosimètres photons ou bêta de type DIS (direct ion storage) basés sur des petites chambres d'ionisation.

Une première conclusion tirée par les auteurs de ce travail est que le détail des informations fournies par les différents constructeurs varie fortement de l'un à l'autre et qu'il est même parfois difficile de trouver l'information recherchée. Ces mêmes auteurs ajoutent que les fabricants ne se réfèrent pas tous aux mêmes normes, ce qui rend du même coup difficile la comparaison entre les dosimètres. Il convient donc d'être très vigilant pour faire son choix parmi différents modèles. Globalement, il est considéré que les caractéristiques de réponses angulaire et énergétique des dosimètres opérationnels sont au moins aussi bonnes que celles des dosimètres passifs dans la plupart des situations, tout au moins pour les photons et les bêtas. Les dosimètres neutrons n'ont pas encore atteint le même niveau de performance et doivent donc être utilisés avec une certaine prudence. Si l'incertitude globale des mesures réalisées en laboratoire par ces appareils est estimée de l'ordre de 10 à 20 %, l'incertitude des mesures sur site est plus grande (facteur 1,5 et plus pour les neutrons ou les faibles doses). Par ailleurs, se référant aux résultats d'une enquête réalisée auprès d'utilisateurs dans différents secteurs d'activité, les auteurs de cette étude européenne soulignent que la fiabilité de ces appareils sur site n'est pas facile à évaluer et qu'il s'avère difficile d'identifier l'origine précise de certains dysfonctionnements. Enfin, certaines limitations techniques existent encore qui rendent inopérants les dosimètres électroniques dans des circonstances particulières : champs de rayonnement en régime pulsé (domaine de fonctionnement des accélérateurs linéaires médicaux), photons de basse énergie ou de très haute énergie.

Soulignons que des contrôles périodiques rigoureux des dosimètres opérationnels, et notamment les contrôles externes, sont d'autant plus nécessaires que, à la différence des dosimètres passifs, les résultats des dosimètres opérationnels sont exploités directement par les utilisateurs et non pas par un organisme agréé et indépendant de ces derniers. Un arrêté devrait paraître

prochainement pour définir les modalités de contrôle de radioprotection (nature et périodicité) de ces appareils.

Conclusion

La qualité de la surveillance dosimétrique mise en oeuvre réside dans sa capacité à fournir une évaluation correcte des doses reçues, quelles que soient les situations d'exposition. Les travailleurs peuvent être exposés à des champs de rayonnement externes extrêmement variables selon les postes occupés. Les moyens dosimétriques doivent donc être adaptés à ces postes pour satisfaire les principes d'optimisation et de limitation des doses.

Le nouveau dispositif réglementaire a tenu compte des progrès importants réalisés au cours des vingt dernières années en matière de dosimétrie individuelle. Ainsi, la dosimétrie opérationnelle a aujourd'hui un statut pleinement réglementaire et des techniques de dosimétrie passive autres que le film photographique sont désormais utilisables.

Les différents dosimètres passifs aujourd'hui proposés par les laboratoires agréés présentent des performances globalement satisfaisantes. Parallèlement, il existe sur le marché de multiples modèles de dosimètres électroniques susceptibles de couvrir les besoins associés à la dosimétrie opérationnelle. Il convient néanmoins que l'utilisateur définisse correctement ses besoins et n'utilise pas ces dosimètres comme des « boîtes noires ». Le choix des techniques passives et opérationnelles doit résulter d'une analyse aussi fine que possible des postes de travail. Toutes les situations n'ont bien entendu pas le même niveau de complexité. La personne compétente en radioprotection doit à cet égard jouer un rôle déterminant, en recherchant quelles sont les solutions les plus adaptées au problème posé.

Des solutions pragmatiques et conformes aux exigences réglementaires sont d'ores et déjà mises en oeuvre dans la grande majorité des cas. Quelques situations génériques méritent en revanche que des solutions rationnelles soient trouvées : notamment, le suivi des professionnels manipulant des appareils de détection pour la recherche de plomb dans les peintures, la dosimétrie opérationnelle dans les zones contrôlées où le seul risque est celui d'une exposition interne ou encore la dosimétrie opérationnelle auprès d'installations à faisceau de rayonnements pulsés sachant que les appareils électroniques ne fonctionnent pas correctement dans ce type de champs.

RÉFÉRENCES

- Bolognese-Milsztajn T., Ginjaume M., Luszik-Bhadra M., Vanhavere F., Wahl W., Weeks A. (2004) Active personal dosimeters (APDs) for individual monitoring and other new developments. Reports by EURADOS, 2001-2004, *Radiat. Prot. Dosim.* **112**, 141-168.
- ICRU (1988) International Commission on Radiation Units and Measurements. Determination of dose equivalents resulting from External Radiation Sources. Report 39.
- JO (2003) Décret 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. Journal Officiel 78 du 2 avril 2003.
- JO (2004) Arrêté du 30 décembre 2004 relatif à la carte individuelle de suivi médical et aux informations individuelles de dosimétrie des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Journal Officiel du 31 décembre 2004.
- JO (2005) Arrêté du 30 décembre 2004 portant agrément d'organismes chargés d'effectuer la surveillance de l'exposition externe des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants. Journal Officiel 36 du 12 février 2005.
- NCRP publication 122 (1995) Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for External Exposure to Low-LET Radiation.