

La mise en œuvre de l'arrêté zonage

J.-J. RADECKI¹, B. AUBERT², G. CORDIER³, P. FRACAS⁴

(Manuscrit reçu le 21 mai 2007, accepté le 12 juin 2007)

RÉSUMÉ L'arrêté zonage du 15 mai 2006, relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées, est entré en vigueur le 15 décembre 2006. Bien que les dispositions de zonage énoncées dans cet arrêté n'induisent pas de bouleversement, sa mise en œuvre impose une révision des pratiques. Ce document a pour objectif de présenter les évolutions réglementaires dans la méthodologie de zonage en s'appuyant sur des exemples dans différents domaines d'utilisation et d'aider ainsi à la mise en œuvre de cet arrêté.

ABSTRACT Implementation of the classification rules of working areas.

The order of May 15th, 2006 which defines the classification rules of working areas must be implemented since December 15th, 2006. Though the new implementing rules do not induce an upheaval, its setting needs a review of the practices. The goal of this paper is to present the statutory evolutions in the classification methodology by using some examples in various fields of activity and thus give help for implementing this order.

Keywords: classification of working areas / restrictive access area / controlled access area / contaminated area / gammagraphy / medical field / signposting of working areas

1. Introduction

Le zonage permet une visualisation du danger d'exposition aux rayonnements ionisants auquel les travailleurs sont susceptibles d'être exposés. La nature et l'ampleur de ce danger doivent être déterminées à partir des caractéristiques des sources et des installations ainsi que des résultats des contrôles techniques de radioprotection et d'ambiance. À noter que la source est définie dans le code de la santé publique comme un appareil, une substance radioactive ou une installation pouvant émettre des rayonnements ionisants ou des substances radioactives.

La détermination des zones réglementées est indépendante du classement des travailleurs prévu à l'article R.231-88 du code du travail.

¹ AREVA, 33 rue La Fayette, 75009 Paris, France.

² IRSN, Direction de la radioprotection de l'homme, B.P. 17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France.

³ EDF, Division production nucléaire, Site Cap Ampère, 1 place Pleyel, 93282 Saint-Denis Cedex, France.

⁴ CEA, Direction de la protection et de la sûreté nucléaire, Pôle maîtrise des risques, Centre d'études de Fontenay-aux-Roses, B.P. 6, 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex, France.

Une zone surveillée est délimitée dès lors que la somme des doses efficaces susceptibles d'être reçues, du fait des activités nucléaires, par exposition externe et interne atteint ou dépasse 1 mSv par an.

NOTA : Pour l'établissement du zonage, le port des équipements de protection individuelle ne doit pas être pris en compte ; le zonage est fondé sur une étude de risque : si le risque d'exposition interne est présent (ce qui conduira à la mise en œuvre de contrôles techniques adaptés) un classement en zone surveillée ou contrôlée est envisageable ; ce classement dépendra de l'estimation de la dose efficace évaluée à partir de l'activité volumique de l'air prélevé au(x) point(s) considérés pour une heure d'exposition en complément des mesures de débit d'équivalent de dose.

Par l'obligation de port d'équipements de protection individuelle adaptés, la dose interne estimée se révèle généralement égale à zéro même lors d'une opération en zone contaminée orange ou rouge.

1.1. Cas des zones non réglementées

Pour l'exposition externe, afin de vérifier que la dose efficace susceptible d'être reçue par un travailleur reste inférieure à 0,08 mSv par mois, un dispositif de mesure instantané ou intégrateur, électronique ou passif, peut être mis en œuvre sur la base d'un temps légal de travail mensuel.

L'exigence de dose étant mensuelle cela sous entend que le débit de dose journalier ou horaire peut fluctuer et atteindre des moyennes importantes sur des périodes courtes mais en tout état de cause doit rester inférieur à 7,5 μ Sv sur une heure, limite basse de classement en zone contrôlée.

- Si l'émission de rayonnements est continue et pour un temps légal de travail mensuel de 140 heures, le débit d'équivalent de dose horaire ne devra pas dépasser 0,6 μ Sv pour respecter la limite de 80 μ Sv par mois. Le dosimètre mensuel de zone exposé 24 heures sur 24 heures au point de référence ne devra pas enregistrer une dose supérieure à 500 μ Sv.

Détail du calcul : Au débit d'équivalent de dose horaire de 0,6 μ Sv de la source de rayonnement, il faut ajouter le bruit de fond naturel soit, au total, 0,7 μ Sv/h (si l'on prend un bruit de fond moyen en France de 900 μ Sv par an soit \sim 0,10 μ Sv/h) : $0,7 \times 24 \times 30 \approx 500 \mu$ Sv.

- Si l'émission de la source est discontinue et que l'exposition maximale sur une heure reste inférieure à 7,5 μ Sv, l'exploitant vérifie que la dose mensuelle résultant de la source de rayonnements durant le temps légal de travail reste

inférieure à 80 μSv . La valeur enregistrée par le dosimètre mensuel variera entre 75 μSv et 150 μSv pour un temps cumulé d'émission de 35 heures par semaine.

1.2. Cas des zones réglementées

Au-delà de la valeur de 80 μSv par mois, sous réserve du respect des limites de dose fixées aux articles R.231-76 et R.231-77 du code du travail, la délimitation des zones surveillées et contrôlées ou spécialement réglementées est effectuée conformément aux valeurs de dose (efficace et équivalente) et débit d'équivalent de dose fixées aux articles 5 (zones surveillée et contrôlée verte) et 7 (zones spécialement réglementées et interdites) et 13 (appareils mobiles ou portables émetteurs de rayonnements ionisants) de l'arrêté et rappelées dans le tableau I.

Quand la source émet en continue et sans fluctuation significative de son intensité d'émission, la dose externe mesurée sur 1 heure d'exposition est égale au débit d'équivalent de dose horaire ; dans une telle situation la période et la durée de la mesure ont peu d'influence sur la valeur horaire moyenne obtenue. Dans le cas contraire, par exemple lors de l'utilisation de projecteur de gammagraphie ou d'appareils émetteurs de rayonnements ionisants, une correction liée au temps d'émission de la source pourra être prise en compte, par exemple pour un tir de gammagraphie durant **10 minutes**, le débit d'équivalent de dose devra être inférieur à **45 $\mu\text{Sv/h}$** en mesure instantanée ($45 \times 10/60 = 7,5 \mu\text{Sv}$ sur 1 heure) pendant le tir pour conserver un classement en zone surveillée.

1.3. En cas de risque d'exposition interne

Dans le cas où le risque de contamination surfacique ou atmosphérique existe, les deux composantes d'exposition externe et interne doivent être prises en compte.

La dose efficace susceptible d'être engagée suite à une exposition interne est évaluée en tenant compte de la nature et des caractéristiques des radionucléides susceptibles d'être présents. Ce calcul intègre les risques courants tels qu'une contamination associée à des événements radiologiques recensés fréquemment par exemple une rupture de confinement ou un renversement d'un flacon entraînant une dispersion des substances radioactives.

Lorsque la zone présente un risque d'exposition interne, le zonage se fera en fonction des mesures ou du calcul de contamination atmosphérique. De manière opérationnelle, il convient de définir une grandeur permettant de vérifier la conformité du zonage par comparaison avec la mesure par prélèvement atmosphérique de l'activité volumique moyenne représentative d'une exposition d'une heure dans les conditions normales de travail.

TABLEAU I
Récapitulatif des principales dispositions de l'arrêté zonage.
Summary statement of main rules in the classification areas order.

Hors zone réglementée	dose efficace susceptible d'être reçue en un mois inférieure à 0,080 mSv (< 0,080 mSv)
Zone surveillée	<p>Pour l'exposition externe et interne de l'organisme entier dose efficace susceptible d'être reçue en 1 heure inférieure à 0,0075 mSv (< 0,0075 mSv)</p> <p>Et pour l'exposition externe des extrémités dose équivalente susceptible d'être reçue en 1 heure inférieure à 0,2 mSv (< 0,2 mSv)</p>
Zone contrôlée verte (hors zone spécialement réglementées ou interdites)	<p>Pour l'exposition externe et interne de l'organisme entier 0,0075 mSv ≤ dose efficace susceptible d'être reçue en 1 heure < 0,025 mSv</p> <p>Et pour l'exposition externe des extrémités 0,2 mSv ≤ dose équivalente susceptible d'être reçue en 1 heure < 0,65 mSv</p>
Zone contrôlée jaune	<p>Dose efficace susceptible d'être reçue en 1 heure inférieure à 2 mSv</p> <p>Et dose équivalente (mains, avant-bras, pieds, chevilles) susceptible d'être reçue en 1 heure inférieure à 50 mSv</p> <p>Et pour l'exposition externe corps entier, débit d'équivalent de dose inférieur à 2 mSv/h</p>
Zone contrôlée orange	<p>Dose efficace susceptible d'être reçue en 1 heure inférieure à 100 mSv</p> <p>Et dose équivalente (mains, avant-bras, pieds, chevilles) susceptible d'être reçue en 1 heure inférieure à 2,5 Sv</p> <p>Et pour l'exposition externe corps entier, débit d'équivalent de dose inférieur à 100 mSv/h</p>
Zone contrôlée rouge	Doses efficace et équivalente susceptibles d'être reçues en 1 heure et débit d'équivalent de dose sont égaux ou supérieurs à l'une des valeurs maximales définies pour les zones orange
Dispositions propres aux appareils mobiles et portables	<p><u>Cas général</u> Débit d'équivalent de dose moyen, évalué sur la durée de l'opération, en limite de zone d'opération, inférieur à 0,0025 mSv/h (< 0,0025 mSv/h)</p>
	<p><u>Cas particulier à titre exceptionnel</u> Suite à des difficultés de mise en place de dispositifs de protection radiologique ou atténuation apportée par ces derniers insuffisante Débit d'équivalent de dose moyen, évalué sur la durée de l'opération, en limite de zone d'opération, inférieur à 0,025 mSv/h (< 0,025 mSv/h) Et nécessité d'élaboration d'un protocole spécifique</p>






Nous proposons de définir des Repères en Concentration Atmosphérique (RCA) comme suit :

$$RCA \text{ (Bq m}^{-3}\text{)} = \frac{E(\tau) \text{ (Sv h}^{-1}\text{)}}{d_r \text{ DPUI (Sv Bq}^{-1}\text{)}}$$

où :

- $E(\tau)$ correspond à la dose efficace engagée pour une heure d'exposition définie en fonction de la zone concernée. En prenant $E(\tau) = 25 \times 10^{-6}$ Sv, la RCA sera définie pour la zone contrôlée, les autres valeurs pour les zones contrôlées

TABLEAU II
Exemples de valeur de RCA.
Some figures of Airborn Activity Action Levels.

	 Zone surveillée Accès réglementé	 Zone contrôlée Accès réglementé	 Zone contrôlée Accès réglementé	 Zone contrôlée Accès réglementé	 Zone contrôlée Accès interdit
	Zone surveillée	Zone contrôlée verte	Zone jaune	Zone orange	Zone rouge
Activité volumique alpha (équivalent ^{239}Pu)	< 0,14 Bq m ⁻³ pendant une heure	< 0,45 Bq m ⁻³ pendant une heure	< 36 Bq m ⁻³ pendant une heure	< 1800 Bq m ⁻³ pendant une heure	> 1800 Bq m ⁻³ pendant une heure
Activité volumique bêta (équivalent ^{90}Sr - ^{90}Y)	< 41 Bq m ⁻³ pendant une heure	< 140 Bq m ⁻³ pendant une heure	< 11 000 Bq m ⁻³ pendant une heure	< 550 000 Bq m ⁻³ pendant une heure	> 550 000 Bq m ⁻³ pendant une heure

spécialement réglementées seront obtenues par multiplication par 80 et 4000, coefficients utilisés historiquement avec les anciennes Limites Dérivées de Concentration dans l'Air (LDCA),

- d_r est le débit respiratoire de l'individu au travail : 1,2 m³h⁻¹,

- DPUI est la Dose Par Unité d'Incorporation définie en fonction de la granulométrie et de la forme physico-chimique dans les tableaux de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003. Plusieurs valeurs peuvent exister pour un même radionucléide sous des formes chimiques différentes. En cas de doute sur la forme chimique, la valeur la plus restrictive est à prendre en considération en l'absence d'informations plus précises sur les aérosols en cause.

À titre d'exemple, en prenant les valeurs les plus restrictives ^{239}Pu (émetteurs alpha) et ^{90}Sr - ^{90}Y (pour les bêtas) on a reporté sur le tableau II l'activité volumique maximale intégrée sur 1 heure pour les zones réglementées.

Les Limites Pratiques de Contamination dans l'Air (LPCA) calculées dans le *guide pratique Radionucléides et Radioprotection* de Delacroix, Guerre et Leblanc peuvent également être utilisées mais dans ce cas il faut se rappeler que ces LPCA sont calculées avec un temps d'exposition de 2000 heures en prenant en compte l'exposition interne par inhalation et l'exposition externe par immersion dans l'atmosphère contaminée.

Bien évidemment en présence de plusieurs radionucléides, il faut calculer une RCA ou une LPCA mélange prenant en compte tous les radionucléides susceptibles d'être présents ainsi que leur nature physico-chimique.

NOTA : La dénomination de LDCA n'a plus de signification réglementaire ; des LDCA recalculées à partir des DPUI de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003 sont encore couramment utilisées sur le terrain.

1.4. Cas des zones spécialement réglementées et interdites

Le maintien de limites en débit d'équivalent de dose définies pour l'exposition externe et corps entier, n'amène pas de véritable changement dans la délimitation des zones spécialement réglementées. En conséquence, il n'y a pas non plus de changement dans l'application de l'arrêté du 12 mai 1998.

À signaler toutefois l'apparition de limites de zone en doses équivalentes qui peuvent conduire à classer des volumes d'intervention au contact de la matière derrière une protection biologique pour limiter l'exposition des extrémités (mains, avant-bras, pieds, chevilles).

2. Respect des limites annuelles d'exposition

Le temps d'exposition en zone réglementée, évalué en prenant en compte les temps d'habillage, de déshabillage et de douche, est toujours inférieur au temps légal de travail.

Pour les salariés ayant un temps d'exposition annuel inférieur à 800 heures, les valeurs de délimitation des zones en doses efficaces susceptibles d'être reçues sur une heure d'exposition données dans les articles 5 et 7 permettent de respecter les limites annuelles d'exposition.

Par exemple, un local d'étalonnage dans lequel le débit d'équivalent de dose est de 10 $\mu\text{Sv/h}$ ($> 7,5 \mu\text{Sv/h}$) mais qui est utilisé moins d'une journée par mois est une zone contrôlée verte malgré que la dose susceptible d'être reçue par les travailleurs sera inférieure à 80 μSv par mois.

Pour des durées d'exposition supérieures à 800 heures, les études des postes de travail permettront de garantir le non dépassement des limites annuelles d'exposition réglementaires données dans les articles R.231-76 et R.231-77 du code du travail. À signaler que le respect d'objectifs dosimétriques annuels renforce les dispositions prises pour optimiser les doses aux postes de travail.

3. Délimitation des zones réglementées

La délimitation des zones réglementées doit être continue, visible, permanente et permettant de distinguer les différentes zones : un marquage au sol par une peinture de couleur adaptée suffit donc pour répondre à l'exigence réglementaire,

toutefois pour des raisons de commodité quand un local a plus des 2/3 de sa surface correspondant à une zone donnée, tout le local sera, sauf cas particulier, balisé à la couleur de cette zone.

Attention pour les zones contrôlées spécialement réglementées jaune et orange, leurs limites doivent être matérialisées par des moyens adaptés afin de prévenir tout franchissement fortuit. A minima, une chaînette, ou éventuellement une analyse pour un zonage provisoire, doit délimiter de telles zones. Toutefois la délimitation par les parois du local ou du volume de travail concerné sera privilégiée.

Quand le zonage est limité à une partie d'un local, une signalisation complémentaire mentionnant l'existence de telles zones sera apposée de manière visible sur chacun des accès au local : un plan simplifié indiquant les limites des différentes zones répond à cette exigence.

En présence d'un risque d'exposition interne, la délimitation doit prendre en compte le confinement des aérosols radioactif et la non dissémination de la contamination en particulier par la mise en place de contrôles adaptés en sortie de la zone incriminée.

Attention l'accès à une zone interdite rouge doit être rendu impossible par la mise en place de dispositifs infranchissable : la zone ou le local doit être complètement fermé par une clôture ou un mur, son accès doit être possible uniquement par une porte fermée à clef. La gestion des clefs des zones rouges est à la charge du chef d'établissement, du chef d'installation ou de la personne compétente en radioprotection.

L'accès aux zones orange et rouge fait l'objet d'un enregistrement nominatif sur un registre ou un système informatisé, tenu spécialement à cet effet. Ce registre contient notamment les autorisations d'accès en zone rouge signées par le chef d'établissement.

4. Gestion des gammagraphies

Dans les installations nucléaires, les dispositions retenues pour la délimitation des zones d'opération lors des tirs de gammagraphie sont les mêmes que celles exposées précédemment (Fig. 1). Si le tir gamma proprement dit est de 20 minutes maximum, un seul tir étant réalisé par heure pour des raisons de préparation du poste de tir, nous retrouvons les valeurs de limite de zone d'opération hors zone réglementée habituellement retenues de $2,5 \times 3 = 7,5 \mu\text{Sv/h}$ en valeur instantanée mesurée pendant le tir gamma. Il est bien évident que pour des temps de tir différents, le respect des $2,5 \mu\text{Sv}$ reçus en moyenne sur une heure d'exposition conduira à des débits d'équivalent de dose mesurés pendant le tir différents.



Figure 1 – Balisage d'une zone d'opération lors d'une gammagraphie.
Delimitation and signposting of an operating area during a gammagraphy.

Pour la délimitation de la zone d'opération en installation nucléaire, il est nécessaire de tenir compte des sources de rayonnements ionisants déjà présentes.

L'article 14 prévoit une disposition exceptionnelle qui accepte des débits d'équivalent de dose moyen de 25 $\mu\text{Sv/h}$ sur la durée de l'opération (et non sur la durée de tir). Les modalités d'application de cette disposition exceptionnelle imposent l'établissement d'un protocole spécifique qui en outre précise les impossibilités rencontrées, détaille et justifie les dispositions compensatoires retenues pour réduire les expositions aussi bas que raisonnablement possible.

5. Dispositions particulières relatives aux transports

Les opérations d'acheminement de matières radioactives sont soumises aux réglementations modales ou au règlement interne aux établissements régissant les opérations de transport n'empruntant pas la voie publique. Les opérations en amont et en aval de l'opération d'acheminement sont soumises aux dispositions du décret « zonage ».

De manière simple quand le véhicule est en mouvement (ce qui inclut les arrêts de courte durée comme les arrêts au poste de garde en sortie de site pour réaliser les formalités de départ), nous sommes dans le cadre d'une opération d'acheminement et la réglementation transport (réglementations modales concernant les transports de matières dangereuses qu'ils soient réalisés par voiture, camion, train ou avion) s'applique. Le balisage du véhicule et du colis mis en place en application des exigences de la réglementation sur les transports informent sur le risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

En revanche quand le véhicule est en arrêt prolongé, il est soit dans le cadre d'une opération de chargement ou de déchargement (amont et aval) ou dans la cadre d'un transit. Pour les transits intégrant un changement de moyen de transport (colis ou conteneur en mouvement), la réglementation transport s'applique, pour les stationnements de longue durée sur des établissements nucléaires, les dispositions de l'arrêté zonage sont applicables ; pour les éventuels stationnements sur la voie publique, la réglementation transport reste applicable.

En résumé, les dispositions concernant les transports sont les suivantes :

- ***en installations nucléaires INB ou ICPE***, application des dispositions de zonage telles que présentées dans l'arrêté zonage. Si les opérations de chargement ou de déchargement sont peu fréquentes, le zonage sera mis en place uniquement lors de la présence d'un colis de matières radioactives ;
- ***hors zone réglementée mais sur un établissement nucléaire***, véhicule chargé en attente de départ ou en attente de déchargement ou en arrêt sur un établissement durant une nuit ou un week-end. Le débit de dose au contact du véhicule pouvant être important, une zone de protection sera établie autour du véhicule avec la mise en place d'un balisage suivant les modalités de l'arrêté zonage ;
- ***hors installation nucléaire et hors établissement nucléaire***, les dispositions de la réglementation transport s'appliquent même lors de changement de moyens de transport. Dans le cas de stationnement de véhicule hors établissement nucléaire, ce sont les dispositions de la réglementation transport qui seront mises en œuvre (Fig. 2).

6. Points clefs et pratiques associées dans les secteurs de l'industrie nucléaire et de la recherche

6.1. Hors zone réglementée

Pour respecter les limites annuelles d'exposition des personnes du public, des dispositions sont prises pour qu'il n'y ait ni point irradiant et ni de contamination

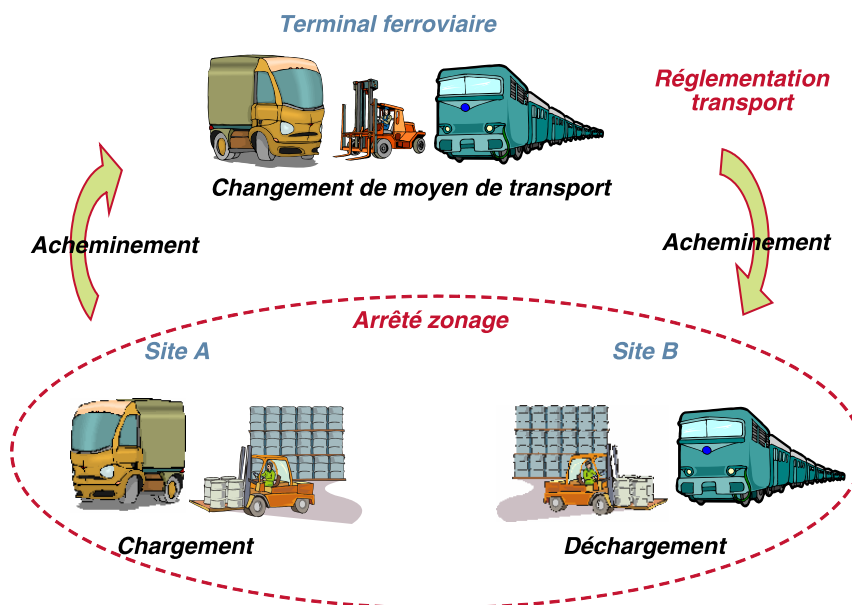


Figure 2 – Application de l'arrêté zonage dans le cas des transports de classe 7.
Implement of the classification areas order in case of class 7 radioactive carrying.

décelable hors zone réglementée ainsi :

- la dose extrémités est égale à la dose corps entier,
- la dose efficace est égale à la dose externe.

Si malgré toutes les dispositions prises pour circonscrire les zones réglementées aux murs des bâtiments, il reste encore des zones surveillées attenantes à certains bâtiments et en particulier des zones dans lesquelles il n'y a pas de poste de travail permanent mais qui peuvent être notamment des lieux de passage (route ou trottoir), des dispositions permettront de garantir qu'aucun salarié ne dépasse une dose mensuelle de 80 μ Sv par :

- la maîtrise du temps de présence avec la mise en place d'un balisage adapté de la zone pour indiquer l'interdiction de stationner et l'obligation d'information de la personne compétente en radioprotection en cas de travail dans cette zone,
- la gestion des éventuels travaux dans une telle zone, en considérant que les intervenants concernés sont dans une zone réglementée.

Dans toutes les autres situations caractérisées par une présence de postes de travail permanents, ou par une dose susceptible d'être reçue sur une heure d'exposition

supérieure à 7,5 μSv (classement en zone contrôlée), alors la zone attenante devra faire l'objet d'une délimitation et d'une gestion des accès identiques à celles des zones réglementées internes aux bâtiments.

6.2. En zone réglementée

Quand le zonage radioprotection est fondé sur une exposition de l'organisme entier. La dose efficace doit alors servir de référence et être estimée à partir de la grandeur opérationnelle $H_p(10)$, équivalent de dose individuelle en profondeur ou de la mesure de l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$.

On retiendra comme points de mesure, des points représentatifs de l'exposition du personnel et de la localisation des sources de rayonnement. La position des points de référence sera reportée dans le document interne.

Le contrôle consistera ensuite à évaluer le débit d'équivalent de dose, par mesure en temps réel ou par intégration, et à le comparer aux valeurs du tableau I.

Lorsque le zonage est calé sur le risque d'exposition des extrémités, la valeur de référence à retenir sera la dose équivalente estimée à partir de la mesure de l'équivalent de dose individuel $H_p(0,07)$ (bêta) et $H_p(10)$ (gamma et neutrons) ou respectivement les équivalents de dose ambiants directionnels $H'(0,07)$ et $H^*(10)$.

Dans les zones rouges et orange, lorsque les conditions techniques ne permettent pas la signalisation individuelle des sources ou l'affichage de leur localisation, de leur nature et de leurs caractéristiques de manière visible à chaque accès de la zone considérée, le Dossier d'Intervention en Milieu Radioactif (DIMR) ou le Régime de Travail Radiologique (RTR) précise les conditions radiologiques d'intervention, ce document est délivré à chaque travailleur devant pénétrer dans ces zones.

7. Points clefs et pratiques associées dans le secteur médical

7.1. Hors zone réglementée

Dans les locaux adjacents aux zones réglementées, on se doit bien sûr de respecter une dose moyenne inférieure à 80 μSv sur 1 mois et à 7,5 μSv sur 1 heure. Pour les locaux d'occupation transitoire (couloir, escalier, toilettes...), il était d'usage d'admettre 25 $\mu\text{Sv/h}$ dans la mesure où le temps de présence était pris en compte par un facteur d'occupation. La limite mensuelle de 80 μSv sur 1 mois devrait ainsi conduire à revoir certaines protections.

7.2. En zone réglementée

Jusqu'à présent les conditions les plus défavorables étaient retenues, même si elles étaient irréalistes. La radioprotection était fondée sur un débit de dose instantané de 25 $\mu\text{Sv/h}$ et seule la zone contrôlée verte était généralement retenue.

Cependant les évolutions de ces dernières années (mise en place de la dosimétrie opérationnelle, développement de pratiques plus irradiantes pour l'opérateur, missions de la PCR effectivement reconnues et réalisées, temps d'exposition inférieur au temps légal de travail...) font que les nouvelles dispositions liées à l'arrêté zonage auront un impact direct sur la classification des locaux dans le secteur médical. Il convient cependant d'avoir à l'esprit que cette classification, d'une part, doit prendre en compte la présence du patient et, d'autre part, s'applique à des sources à émission continue (curiethérapie) ou discontinue avec des temps d'exposition cumulé sur une heure pouvant être très inférieurs à la minute.

En radiothérapie, une activité classique avec 6 traitements par heure, soit 12 minutes de temps total d'exposition, autorise en zone contrôlée un débit de 125 $\mu\text{Sv/h}$. De plus, la suspension de la délimitation de zone peut s'envisager, soit en respectant un délai après la dernière irradiation, soit en cas de présence d'un système indépendant de détection d'ambiance.

En curiethérapie et en médecine nucléaire, les conséquences de ce nouvel arrêté auront moins d'impact, ce qui n'est le cas de la radiologie. En effet, en radiologie conventionnelle, compte tenu des débits élevés observés ($> \text{qq mSv/h}$) et des temps d'exposition sous faisceau très courts ($< 1 \text{ s}$), la notion de débit de dose instantané ne peut être utilisée. Le zonage est alors fondé sur l'exposition associée à l'activité de la salle pour l'heure la plus pénalisante, activité dépendant des examens pratiqués et des paramètres techniques associés (haute tension, charge, filtration...). Le tableau III en donne quelques exemples.

TABLEAU III
Exemples de débit de dose par cliché en fonction des paramètres techniques en radiologie conventionnelle (haute tension, charge, filtration, ...).
Example of dose rate values per film according the technical parameters in conventional radiology (high voltage, electric loading, filtration, ...).

Examen	Incidence	Haute tension (kV)	Charge (mA)	À 0,5 m du diffuseur ($\mu\text{Sv/cliché}$)	À 2,5 m du diffuseur derrière le paravent ($\mu\text{Sv/cliché}$)
Poumons	face	115	3	1	$[0-10] \times 10^{-3}$
Rachis lombaire	face debout	84	130	6	$[10-20] \times 10^{-3}$
ASP	face	70	30	1,5	$[0-10] \times 10^{-3}$
Fémur	face	58	16	0,5	$[0-10] \times 10^{-3}$

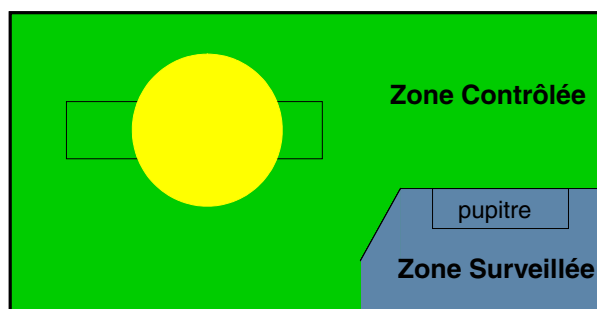


Figure 3 – Schéma de zonage d'une salle de radiologie conventionnelle.
Classification map of a conventional radiology room.

Sur la base de ces données, la salle de radiologie conventionnelle peut être classée en zone contrôlée verte à l'exception d'une zone contrôlée jaune de 50 à 60 cm de diamètre autour du patient et de la zone derrière le paravent classée en zone surveillée (Fig. 3).

En radiologie interventionnelle, où l'opérateur est proche du patient et où les temps d'exposition sous faisceau peuvent atteindre plusieurs dizaines de minutes, la salle pourra comporter autour du patient des zones orange puis jaune, auxquelles il faudra intégrer les contraintes médicales comme l'asepsie. De plus il convient d'avoir une attention toute particulière à l'exposition des mains qui peuvent se trouver, dans certaines situations, exposées à des débits supérieurs au mSv/h (Fig. 4).

En radiologie, la délimitation de la zone contrôlée peut être intermittente sous réserve des conditions de signalisation et d'information. Sa signalisation doit être assurée par un dispositif lumineux et s'il y a lieu sonore. De plus le caractère intermittent de la zone contrôlée doit également être signalé à chaque accès de zone. La zone est classée a minima en zone surveillée si l'émission de RI ne peut être exclue et sa délimitation peut être suspendue temporairement lorsque l'appareil est hors tension.

En scanographie, des débits instantanés de plusieurs mSv/h devraient conduire à classer la salle d'examen en zone contrôlée orange.

En médecine nucléaire, après l'injection du radionucléide, la source est le patient et des débits instantanés de l'ordre du mSv/h peuvent se rencontrer. Le débit au contact d'une seringue sont très supérieur au Sv/h aussi il convient de préciser si le protège seringue fait partie ou non des EPI...

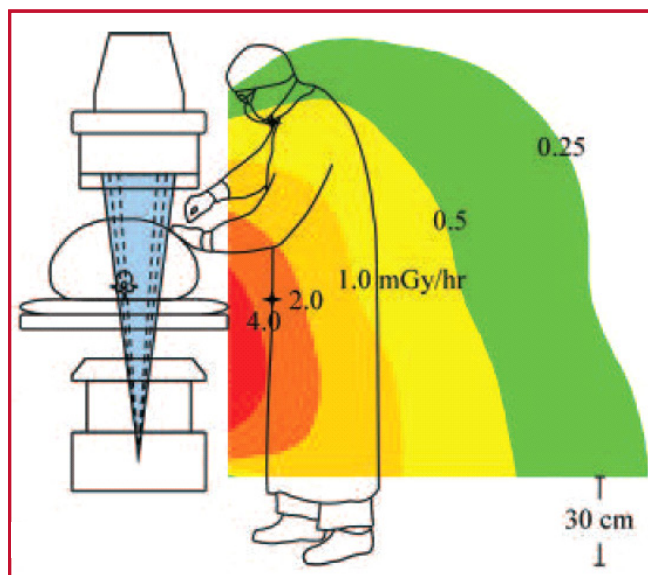


Figure 4 – *Isodoses dans une salle de radiologie interventionnelle d'après B.A. Sohueler et al. (2006) Radiographie 26, 1533-1541.*
Isodoses in a conventional radiology room from B.A. Sohueler et al. (2006) Radiographie 26, 1533-1541.

En résumé, pour le secteur médical, les nouvelles dispositions concernant le zonage peuvent conduire :

- en radiothérapie et en curiethérapie, à revoir à la baisse les contraintes vis-à-vis des locaux,
- en radiologie, à introduire les concepts de zone contrôlée jaune ou orange, voire le cas échéant rouge, avec un balisage tenant compte de la présence du patient et de la proximité de l'opérateur,
- en médecine nucléaire, la notion de débit instantané pourrait avoir les mêmes conséquences qu'en radiologie et pour les locaux à occupation transitoire, à renforcer notablement les contraintes.

8. Conclusion

L'arrêté zonage du 15 mai 2006 est entré en vigueur le 15 décembre 2006. Son application ne va pas induire un bouleversement dans le zonage des installations industrielles, mais il va conduire à modifier certaines pratiques, tout particulièrement dans le secteur médical, où les conséquences réelles de ces nouvelles dispositions restent encore à apprécier sur le terrain.